UNIVERSITE HENRI POINCARE – NANCY 1

FACULTE DE MEDECINE DE NANCY

ANNEE 2010

N°3304

THESE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN MEDECINE

Présentée et soutenue publiquement dans le cadre

du troisième cycle de Médecine Générale

Par

Géraldine WAGNON

Le 15 juin 2010

Intérêt de la perfusion intra-osseuse chez l'adulte

Examinateurs de la thèse :

Mr le Professeur Bollaert, Président du Jury

Mr le Professeur Mertes, Membre du Jury

Mr le Professeur Rüttimann, Membre du Jury

Mr le Docteur en médecine Nace, Membre du Jury

Mr le Docteur en médecine Walkowiak, Invité

UNIVERSITÉ HENRI POINCARÉ, NANCY 1

FACULTÉ DE MÉDECINE DE NANCY

Président de l'Université : Professeur Jean-Pierre FINANCE
Doyen de la Faculté de Médecine : Professeur Henry COUDANE
Vice Doyen Recherche : Professeur Jean-Louis GUEANT
Vice Doyen Pédagogie : Professeur Annick BARBAUD
Vice Doyen Campus : Professeur Marie-Christine BÉNÉ
Assesseurs :
du 1er Cycle : **M. Christophe NEMOS**
du 2ème Cycle : **M. le Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI**
du 3ème Cycle : **M. le Professeur Pierre-Edouard BOLLAERT**
Filières professionnalisées : **M. le Professeur Christophe CHOSEROT**
Prospective : **M. le Professeur Laurent BRESLER**
FMC/EPP : **M. le Professeur Jean-Dominique DE KORWIN**

DOYENS HONORAIRES

Professeur Adrien DUPREZ – Professeur Jean-Bernard DUREUX
Professeur Jacques ROLAND – Professeur Patrick NETTER
==========

PROFESSEURS HONORAIRES

Pierre ALEXANDRE – Jean-Marie ANDRE - Daniel ANTHOINE - Alain BERTRAND - Pierre BEY
Jean BEUREY - Jacques BORRELLY - Michel BOULANGE - Jean-Claude BURDIN - Claude BURLET
Daniel BURNEL - Claude CHARDOT - Jean-Pierre CRANCE - Gérard DEBRY - Jean-Pierre DELAGOUTTE
Emile de LAVERGNE - Jean-Pierre DESCHAMPS - Michel DUC - Jean DUHEILLE - Adrien DUPREZ
Jean-Bernard DUREUX - Gabriel FAIVRE – Gérard FIEVE - Jean FLOQUET - Robert FRISCH
Alain GAUCHER - Pierre GAUCHER - Hubert GERARD - Jean-Marie GILGENKRANTZ
Simone GILGENKRANTZ - Oliéro GUERCI - Pierre HARTEMANN - Claude HURIET – Christian JANOT
Jacques LACOSTE - Henri LAMBERT - Pierre LANDES - Alain LARCAN - Marie-Claire LAXENAIRE
Michel LAXENAIRE - Jacques LECLERE - Pierre LEDERLIN - Bernard LEGRAS - Michel MANCIAUX
Jean-Pierre MALLIÉ - Pierre MATHIEU - Denise MONERET-VAUTRIN - Pierre NABET
Jean-Pierre NICOLAS - Pierre PAYSANT - Francis PENIN - Gilbert PERCEBOIS - Claude PERRIN
Guy PETIET - Luc PICARD - Michel PIERSON - Jean-Marie POLU – Jacques POUREL - Jean PREVOT
Antoine RASPILLER - Michel RENARD - Jacques ROLAND - René-Jean ROYER - Paul SADOUL
Daniel SCHMITT - Jean SOMMELET - Danièle SOMMELET - Michel STRICKER - Gilbert THIBAUT
Augusta TREHEUX - Hubert UFFHOLTZ - Gérard VAILLANT – Paul VERT - Colette VIDAILHET
Michel VIDAILHET - Michel WAYOFF - Michel WEBER

==========

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

PRATICIENS HOSPITALIERS

(Disciplines du Conseil National des Universités)
42ème Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE
1ère sous-section : (Anatomie)
Professeur Gilles GROSDIDIER
Professeur Pierre LASCOMBES – Professeur Marc BRAUN
2ème sous-section : (Cytologie et histologie)
Professeur Bernard FOLIGUET
3ème sous-section : (Anatomie et cytologie pathologiques)
Professeur François PLENAT – Professeur Jean-Michel VIGNAUD

43ème Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE

1ère sous-section : (Biophysique et médecine nucléaire)

Professeur Gilles KARCHER – Professeur Pierre-Yves MARIE – Professeur Pierre OLIVIER

2ème sous-section : (Radiologie et imagerie médicale)

Professeur Denis REGENT – Professeur Michel CLAUDON
Professeur Serge BRACARD – Professeur Alain BLUM – Professeur Jacques FELBLINGER
Professeur René ANXIONNAT

44ème Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

1ère sous-section : (Biochimie et biologie moléculaire)

Professeur Jean-Louis GUÉANT – Professeur Jean-Luc OLIVIER – Professeur Bernard NAMOUR

2ème sous-section : (Physiologie)

Professeur François MARCHAL – Professeur Bruno CHENUEL – Professeur Christian BEYAERT

3ème sous-section : (Biologie Cellulaire)

Professeur Ali DALLOUL

4ème sous-section : (Nutrition)

Professeur Olivier ZIEGLER – Professeur Didier QUILLIOT

45ème Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

1ère sous-section : (Bactériologie – virologie ; hygiène hospitalière)

Professeur Alain LE FAOU - Professeur Alain LOZNIEWSKI

3ème sous-section : (Maladies infectieuses ; maladies tropicales)

Professeur Thierry MAY – Professeur Christian RABAUD

46ème Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

1ère sous-section : (Épidémiologie, économie de la santé et prévention)

Professeur Philippe HARTEMANN – Professeur Serge BRIANÇON
Professeur Francis GUILLEMIN – Professeur Denis ZMIROU-NAVIER

2ème sous-section : (Médecine et santé au travail)

Professeur Christophe PARIS

3ème sous-section : (Médecine légale et droit de la santé)

Professeur Henry COUDANE

4ème sous-section : (Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication)

Professeur François KOHLER – Professeur Éliane ALBUISSON

47ème Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

1ère sous-section : (Hématologie ; transfusion)

Professeur Thomas LECOMPTE – Professeur Pierre BORDIGONI
Professeur Jean-François STOLTZ – Professeur Pierre FEUGIER

2ème sous-section : (Cancérologie ; radiothérapie)

Professeur François GUILLEMIN – Professeur Thierry CONROY
Professeur Didier PEIFFERT – Professeur Frédéric MARCHAL

3ème sous-section : (Immunologie)

Professeur Gilbert FAURE – Professeur Marie-Christine BENE

4ème sous-section : (Génétique)

Professeur Philippe JONVEAUX – Professeur Bruno LEHEUP

48ème Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE

1ère sous-section : (Anesthésiologie et réanimation chirurgicale ; médecine d'urgence)

Professeur Claude MEISTELMAN – Professeur Hervé BOUAZIZ
Professeur Paul-Michel MERTES – Professeur Gérard AUDIBERT

2ème sous-section : (Réanimation médicale ; médecine d'urgence)

Professeur Alain GERARD - Professeur Pierre-Édouard BOLLAERT
Professeur Bruno LÉVY – Professeur Sébastien GIBOT

3ème sous-section : (Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie)

Professeur Patrick NETTER – Professeur Pierre GILLET

4ème sous-section : (Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie)

Professeur François PAILLE – Professeur Gérard GAY – Professeur Faiez ZANNAD

49ème Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP et RÉÉDUCATION

1ère sous-section : (Neurologie)

Professeur Gérard BARROCHE – Professeur Hervé VESPIGNANI
Professeur Xavier DUCROCQ – Professeur Marc DEBOUVERIE

2ème sous-section : (Neurochirurgie)

Professeur Jean-Claude MARCHAL – Professeur Jean AUQUE
Professeur Thierry CIVIT

3ème sous-section : (Psychiatrie d'adultes ; addictologie)

Professeur Jean-Pierre KAHN – Professeur Raymund SCHWAN

4ème sous-section : (Pédopsychiatrie ; addictologie)

Professeur Daniel SIBERTIN-BLANC – Professeur Bernard KABUTH

5ème sous-section : (Médecine physique et de réadaptation)

Professeur Jean PAYSANT

50ème Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE et CHIRURGIE PLASTIQUE

1ère sous-section : (Rhumatologie)

Professeur Isabelle CHARY-VALCKENAERE – Professeur Damien LOEUILLE

2ème sous-section : (Chirurgie orthopédique et traumatologique)

Professeur Daniel MOLE - Professeur Didier MAINARD
Professeur François SIRVEAUX – Professeur Laurent GALOIS

3ème sous-section : (Dermato-vénéréologie)

Professeur Jean-Luc SCHMUTZ – Professeur Annick BARBAUD

4ème sous-section : (Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie)

Professeur François DAP – Professeur Gilles DAUTEL

51ème Section : PATHOLOGIE CARDIORESPIRATOIRE et VASCULAIRE

1ère sous-section : (Pneumologie ; addictologie)

Professeur Yves MARTINET – Professeur Jean-François CHABOT – Professeur Ari CHAOUAT

2ème sous-section : (Cardiologie)

Professeur Etienne ALIOT – Professeur Yves JUILLIERE – Professeur Nicolas SADOUL
Professeur Christian De CHILLOU

3ème sous-section : (Chirurgie thoracique et cardiovasculaire)

Professeur Jean-Pierre VILLEMOT - Professeur Jean-Pierre CARTEAUX – Professeur Loïc MACÉ

4ème sous-section : (Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire)

Professeur Denis WAHL – Professeur Sergueï MALIKOV

52ème Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF et URINAIRE
1ère sous-section : (Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie)
Professeur Marc-André BIGARD - Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI – Professeur Laurent PEYRINBIROULET
2ème sous-section : (Chirurgie digestive)
3ème sous-section : (Néphrologie)
Professeur Michèle KESSLER – Professeur Dominique HESTIN – Professeur Luc FRIMAT
4ème sous-section : (Urologie)
Professeur Philippe MANGIN – Professeur Jacques HUBERT – Professeur Pascal ESCHWEGE

53ème Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE et CHIRURGIE GÉNÉRALE
1ère sous-section : (Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; médecine générale ; addictologie)
Professeur Jean-Dominique DE KORWIN – Professeur Pierre KAMINSKY
Professeur Athanase BENETOS - Professeur Gisèle KANNY
2ème sous-section : (Chirurgie générale)
Professeur Patrick BOISSEL – Professeur Laurent BRESLER
Professeur Laurent BRUNAUD – Professeur Ahmet AYAV

54ème Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIEOBSTÉTRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION
1ère sous-section : (Pédiatrie)
Professeur Pierre MONIN - Professeur Jean-Michel HASCOET - Professeur Pascal CHASTAGNER
Professeur François FEILLET - Professeur Cyril SCHWEITZER
2ème sous-section : (Chirurgie infantile)
Professeur Michel SCHMITT – Professeur Pierre JOURNEAU – Professeur Jean-Louis LEMELLE
3ème sous-section : (Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale)
Professeur Michel SCHWEITZER – Professeur Jean-Louis BOUTROY
Professeur Philippe JUDLIN – Professeur Patricia BARBARINO
4ème sous-section : (Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale)
Professeur Georges WERYHA – Professeur Marc KLEIN – Professeur Bruno GUERCI

55ème Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU
1ère sous-section : (Oto-rhino-laryngologie)
Professeur Claude SIMON – Professeur Roger JANKOWSKI
2ème sous-section : (Ophtalmologie)
Professeur Jean-Luc GEORGE – Professeur Jean-Paul BERROD – Professeur Karine ANGIOI-DUPREZ
3ème sous-section : (Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie)
Professeur Jean-François CHASSAGNE – Professeur Etienne SIMON

==========

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

64ème Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE
Professeur Sandrine BOSCHI-MULLER

MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS – PRATICIENS HOSPITALIERS

42ème Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE
1ère sous-section : (Anatomie)
Docteur Bruno GRIGNON – Docteur Thierry HAUMONT
2ème sous-section : (Cytologie et histologie)
Docteur Edouard BARRAT - Docteur Françoise TOUATI – Docteur Chantal KOHLER
3ème sous-section : (Anatomie et cytologie pathologiques)
Docteur Béatrice MARIE

43ème Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE
1ère sous-section : (Biophysique et médecine nucléaire)
Docteur Marie-Hélène LAURENS – Docteur Jean-Claude MAYER
Docteur Pierre THOUVENOT – Docteur Jean-Marie ESCANYE – Docteur Amar NAOUN
2ème sous-section : (Radiologie et imagerie médicale)
Docteur Damien MANDRY

44ème Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION
1ère sous-section : (Biochimie et biologie moléculaire)
Docteur Jean STRACZEK – Docteur Sophie FREMONT
Docteur Isabelle GASTIN – Docteur Marc MERTEN – Docteur Catherine MALAPLATE-ARMAND
Docteur Shyue-Fang BATTAGLIA
2ème sous-section : (Physiologie)
Docteur Nicole LEMAU de TALANCE
3ème sous-section : (Biologie Cellulaire)
Docteur Véronique DECOT-MAILLERET
4ème sous-section : (Nutrition)
Docteur Rosa-Maria RODRIGUEZ-GUEANT

45ème Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE
1ère sous-section : (Bactériologie – Virologie ; hygiène hospitalière)
Docteur Francine MORY – Docteur Véronique VENARD
2ème sous-section : (Parasitologie et mycologie)
Docteur Nelly CONTET-AUDONNEAU – Madame Marie MACHOUART

46ème Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ
1ère sous-section : (Epidémiologie, économie de la santé et prévention)
Docteur Alexis HAUTEMANIÈRE – Docteur Frédérique CLAUDOT
3ème sous-section (Médecine légale et droit de la santé)
Docteur Laurent MARTRILLE
4ère sous-section : (Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
Docteur Pierre GILLOIS – Docteur Nicolas JAY

47ème Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE
1ère sous-section : (Hématologie ; transfusion)
Docteur François SCHOONEMAN
2ème sous-section : (Cancérologie ; radiothérapie : cancérologie (type mixte : biologique)
Docteur Lina BOLOTINE
3ème sous-section : (Immunologie)
Docteur Marcelo DE CARVALHO BITTENCOURT
4ème sous-section : (Génétique)
Docteur Christophe PHILIPPE – Docteur Céline BONNET

48ème Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE
3ème sous-section : (Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique)
Docteur Françoise LAPICQUE – Docteur Marie-José ROYER-MORROT – Docteur Nicolas GAMBIER
4ème sous-section : (Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie)
Docteur Patrick ROSSIGNOL

50ème Section : RHUMATOLOGIE
1ère sous-section : (Rhumatologie)
Docteur Anne-Christine RAT

54ème Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIEOBSTÉTRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION
5ème sous-section : (Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale)
Docteur Jean-Louis CORDONNIER

==========

MAÎTRES DE CONFÉRENCES

5ème section : SCIENCES ÉCONOMIE GÉNÉRALE
Monsieur Vincent LHUILLIER

40ème section : SCIENCES DU MÉDICAMENT
Monsieur Jean-François COLLIN

60ème section : MÉCANIQUE, GÉNIE MÉCANIQUE ET GÉNIE CIVIL
Monsieur Alain DURAND

61ème section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL
Monsieur Jean REBSTOCK – Monsieur Walter BLONDEL
64ème section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE
Mademoiselle Marie-Claire LANHERS

65ème section : BIOLOGIE CELLULAIRE
Mademoiselle Françoise DREYFUSS – Monsieur Jean-Louis GELLY
Madame Ketsia HESS – Monsieur Hervé MEMBRE – Monsieur Christophe NEMOS
Madame Natalia DE ISLA – Monsieur Pierre TANKOSIC

66ème section : PHYSIOLOGIE
Monsieur Nguyen TRAN

67ème section : BIOLOGIE DES POPULATIONS ET ÉCOLOGIE
Madame Nadine MUSSE
========

MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS

Médecine Générale
Professeur associé Alain AUBREGE
Professeur associé Francis RAPHAEL
Docteur Jean-Marc BOIVIN
Docteur Jean-Louis ADAM
Docteur Elisabeth STEYER

PROFESSEURS ÉMÉRITES

Professeur Daniel ANTHOINE - Professeur Pierre BEY - Professeur Michel BOULANGE
Professeur Jean-Pierre CRANCE - Professeur Jean FLOQUET - Professeur Jean-Marie GILGENKRANTZ
Professeur Simone GILGENKRANTZ – Professeur Henri LAMBERT - Professeur Alain LARCAN
Professeur Denise MONERET-VAUTRIN - Professeur Jean-Pierre NICOLAS – - Professeur Guy PETIET
Professeur Luc PICARD - Professeur Michel PIERSON - Professeur Jacques POUREL
Professeur Jacques ROLAND - - Professeur Michel STRICKER - Professeur Gilbert THIBAUT
Professeur Paul VERT - Professeur Michel VIDAILHET
========

DOCTEURS HONORIS CAUSA

Professeur Norman SHUMWAY (1972)
Université de Stanford, Californie (U.S.A)
Professeur Paul MICHIELSEN (1979)
Université Catholique, Louvain (Belgique)
Professeur Charles A. BERRY (1982)
Centre de Médecine Préventive, Houston (U.S.A)
Professeur Pierre-Marie GALETTI (1982)
Brown University, Providence (U.S.A)
Professeur Mamish Nisbet MUNRO (1982)
Massachusetts Institute of Technology (U.S.A)
Professeur Mildred T. STAHLMAN (1982)
Wanderbilt University, Nashville (U.S.A)
Harry J. BUNCKE (1989)
Université de Californie, San Francisco (U.S.A)
Professeur Daniel G. BICHET (2001)
Université de Montréal (Canada)
Professeur Brian BURCHELL (2007)
Université de Dundee (Royaume Uni)

Professeur Théodore H. SCHIEBLER (1989)
Institut d'Anatomie de Würtzburg (R.F.A)
Professeur Maria DELIVORIA-PAPADOPOULOS (1996)
Université de Pennsylvanie (U.S.A)
Professeur Mashaki KASHIWARA (1996)
Research Institute for Mathematical Sciences de Kyoto (JAPON)
Professeur Ralph GRÄSBECK (1996)
Université d'Helsinki (FINLANDE)
Professeur James STEICHEN (1997)
Université d'Indianapolis (U.S.A)
Professeur Duong Quang TRUNG (1997)
Centre Universitaire de Formation et de Perfectionnement des Professionnels de Santé d'Hô Chi Minh-Ville (VIÊTNAM)

Professeur Marc LEVENSTON (2005)
Institute of Technology, Atlanta (USA)

A Notre Président de Jury

Monsieur le Professeur BOLLAERT

Vous nous faites l'honneur d'assurer la présidence de notre jury de thèse et de juger notre travail.

Nous vous remercions pour votre disponibilité et vos conseils.

Nous vous témoignons notre profonde et respectueuse reconnaissance pour l'intérêt que vous portez à ce sujet.

Aux membres du jury

Monsieur le Professeur MERTES

Sans nous connaître, vous nous faites l'honneur
de juger notre travail. Votre présence parmi les
membres de notre jury nous honore.

Nous vous exprimons ici l'assurance de notre
respectueuse considération.

Monsieur le Docteur NACE

Nous vous remercions d'avoir accepté
de siéger à notre jury de thèse et de l'intérêt
que vous avez bien voulu porter à notre travail.

Nous vous prions de bien vouloir accepter
l'expression de notre sincère reconnaissance
et notre plus profond respect.

A notre directeur de thèse

Monsieur le Professeur Rüttimann

Nous avons particulièrement apprécié de travailler sous votre direction, d'abord au sein des urgences de l'Hôpital d'Instruction des Armées Legouest de Metz, puis pour la réalisation de ce travail.

Nous vous remercions de nous avoir confié ce travail et guidé durant sa réalisation, malgré vos activités nombreuses et prenantes. Nous vous exprimons toute notre reconnaissance pour votre disponibilité, vos conseils et votre patience.

Nous souhaitons vous exprimer ici toute notre gratitude, et nos sincères remerciements.

A Monsieur le Docteur WALKOWIAK

Nous avons particulièrement apprécié de travailler
sous votre direction, au sein des urgences de
l'Hôpital d'Instruction des Armées Legouest de Metz.

Nous vous remercions d'avoir accepté d'être notre invité.

Nous souhaitons vous exprimer ici toute notre gratitude,
et nos sincères remerciements pour
votre disponibilité et vos conseils toujours pertinents.

ÉCOLE DU VAL DE GRÂCE

À Monsieur le Médecin Général Inspecteur Maurice VERGOS

Directeur de l'École du Val de Grâce

Professeur Agrégé du Val de Grâce

Officier de la Légion d'Honneur

Officier de l'Ordre National du Mérite

Récompense pour travaux scientifiques et techniques – échelon vermeil

Médaille d'honneur du Service de Santé des Armées

À Monsieur le Médecin Général Jean-Didier CAVALLO

Directeur adjoint de l'École du Val de Grâce

Professeur Agrégé du Val de Grâce

Chevalier de la Légion d'Honneur

Officier de l'Ordre National du Mérite

Récompenses pour travaux scientifiques et techniques – échelon argent

Médaille d'honneur du Service de Santé des Armées

Serment d'Hippocrate

« Au moment d'être admise à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité. Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux. Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité. J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences. Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admise dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçue à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses; que je sois déshonorée et méprisée si j'y manque. »

TABLE DES MATIERES

I. PREAMBULE

Il est admis de manière universelle que la voie veineuse périphérique est la voie d'abord de premier choix en médecine d'urgence, de par son faible coût et son efficacité. Néanmoins, certaines difficultés sont rencontrées dans diverses situations comme l'hypovolémie, l'hypothermie, l'obésité, l'overdose, les brûlures ou encore les amputations. En effet, en cas d'état de choc, les veines se collabent fréquemment et allongent le temps de prise en charge initiale. Or, tant que l'abord vasculaire n'est pas mis en place, les solutés, les thérapeutiques ou encore les transfusions ne peuvent pas être administrées. C'est pourquoi, la rapidité avec laquelle l'accès vasculaire est obtenu conditionne directement le pronostic, tout particulièrement dans la prise en charge de l'arrêt cardio-respiratoire.

La littérature met en évidence des difficultés pour mettre en place une voie veineuse périphérique dans 10% des cas [1-2] et parfois pendant plus de vingt minutes [3]. En 1990, Slovis a fait une étude du pourcentage de réussite de pose de voie veineuse périphérique dans la prise en charge préhospitalière de 641 cas. Le taux de réussite de perfusion était de 80% pour les patients nécessitant une prise en charge purement médicale et de 92% chez les patients nécessitant une prise en charge traumatologique ; seulement 77% des patients traumatisés en hypovolémie ont pu bénéficier d'une deuxième voie d'abord vasculaire [4].

Les voies veineuses centrales jugulaires et sous-clavières, peuvent gêner les manœuvres de réanimation cardio-pulmonaire [5]. La voie veineuse centrale fémorale reste une alternative mais est difficilement mise en pratique dans des conditions de prise en charge préhospitalière par le niveau d'asepsie qu'elle requiert. La dénudation veineuse, en particulier de la veine saphène, est un acte invasif et peu rapide qui n'est plus utilisé actuellement. La voie endotrachéale est une autre voie d'administration limitée essentiellement à l'indication d'adrénaline et d'eau pour préparation injectable dans la prise en charge de l'arrêt cardio-respiratoire. La voie intramusculaire reste une voie anecdotique, utilisée essentiellement pour l'administration d'antibiotique lors de l'apparition d'un purpura fulminans, mais il existe peu d'autres indications en urgence. Chez les enfants âgés de 12 à 18 mois, dont la fontanelle antérieure n'est pas encore fermée, le sinus longitudinal supérieur a également été envisagé comme site de perfusion, entraînant parfois une ischémie cérébrale par expansion volémique [6].

Une autre voie utilisée chez l'enfant semble être possible chez l'adulte. Il s'agit de la voie intra-osseuse. Son indication est la nécessité d'administrer des drogues en urgence après deux échecs de pose de voie veineuse périphérique sans retarder la prise en charge thérapeutique. Cette technique est encore peu exploitée chez l'adulte, du fait des difficultés rencontrées au franchissement de la corticale osseuse et à la méconnaissance des complications locales et générales théoriques.

Après un historique de l'évolution des aiguilles de perfusion et des différents dispositifs intra-osseux utilisés depuis les années 1920, un rappel anatomique sera présenté exposant les particularités osseuses liées à l'âge. Ensuite, nous ferons une revue des dispositifs actuellement commercialisés, et leurs sites de ponction respectifs. Nous exposerons ensuite les indications, les contre-indications et les complications liées aux dispositifs intra-osseux (DIO). Une revue de la littérature permettra de comparer les voies veineuses périphériques (VVP) et centrales (VVC) aux dispositifs intra-osseux. L'intérêt sera porté essentiellement sur le taux de réussite à la pose, le temps de mise en place, les débits de perfusion, la pharmacocinétique et la douleur ressentie par le patient s'il est conscient. Dans un second temps, les DIO seront comparés entre eux selon les mêmes critères. Une étude d'un an, menée par le Centre d'Instruction des Techniques Elémentaires de Réanimation de l'Avant (CITERA) de l'Hôpital d'Instruction des Armées Legouest a évalué trois dispositifs intra-osseux: le trocart de Mallarmé, le BIG® et l'EZ-IO® par 147 personnels médicaux et paramédicaux. Après une formation succincte, les participants ont classé par ordre de préférence chaque dispositif selon la rapidité de pose, la simplicité d'utilisation et la fiabilité du dispositif.

II. Historique

1) Historique des aiguilles de perfusion: de la canule en roseau taillé à l'aiguille et au cathéter à usage unique.

L'administration de médicaments s'est longtemps faite par voie orale ou par lavements intestinaux, vaginaux ou auriculaires à l'aide de canules rudimentaires en roseau taillé ou en os de volaille. En 1661, Johan Sigismund Elscholtz injecte à l'aide d'une canule et d'une poire de l'eau de plantain à trois soldats victimes d'abcès ou de scorbut et qui guérissent. C'est l'infusion médicamenteuse que l'on pratique généralement après dénudation de la veine.

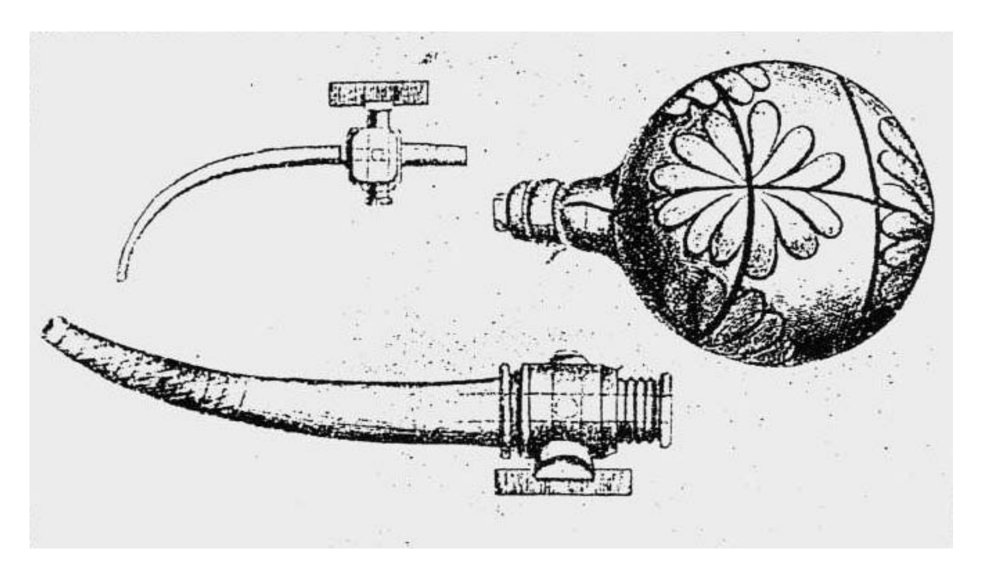


Figure 1: "Clysmatica nova" utilisée par Elscholtz pour les injections intra-veineuses en 1661.

En 1667, Emmeretz sera le premier de ses contemporains à pratiquer la ponction veineuse directe sans dénudation préalable des vaisseaux. L'enthousiasme suscité par cette nouvelle méthode est malheureusement freiné par les accidents prévisibles : infection, embolie gazeuse, toxicité des substances. L'abandon de cette thérapeutique coïncide aussi avec l'interdiction de pratiquer la transfusion.

Au XVIIIème siècle, Dominique Anel, chirurgien de Louis XIV, met au point une seringue de métal avec piston mais dont le bec est difficile à employer sans blesser les parois du vaisseau.

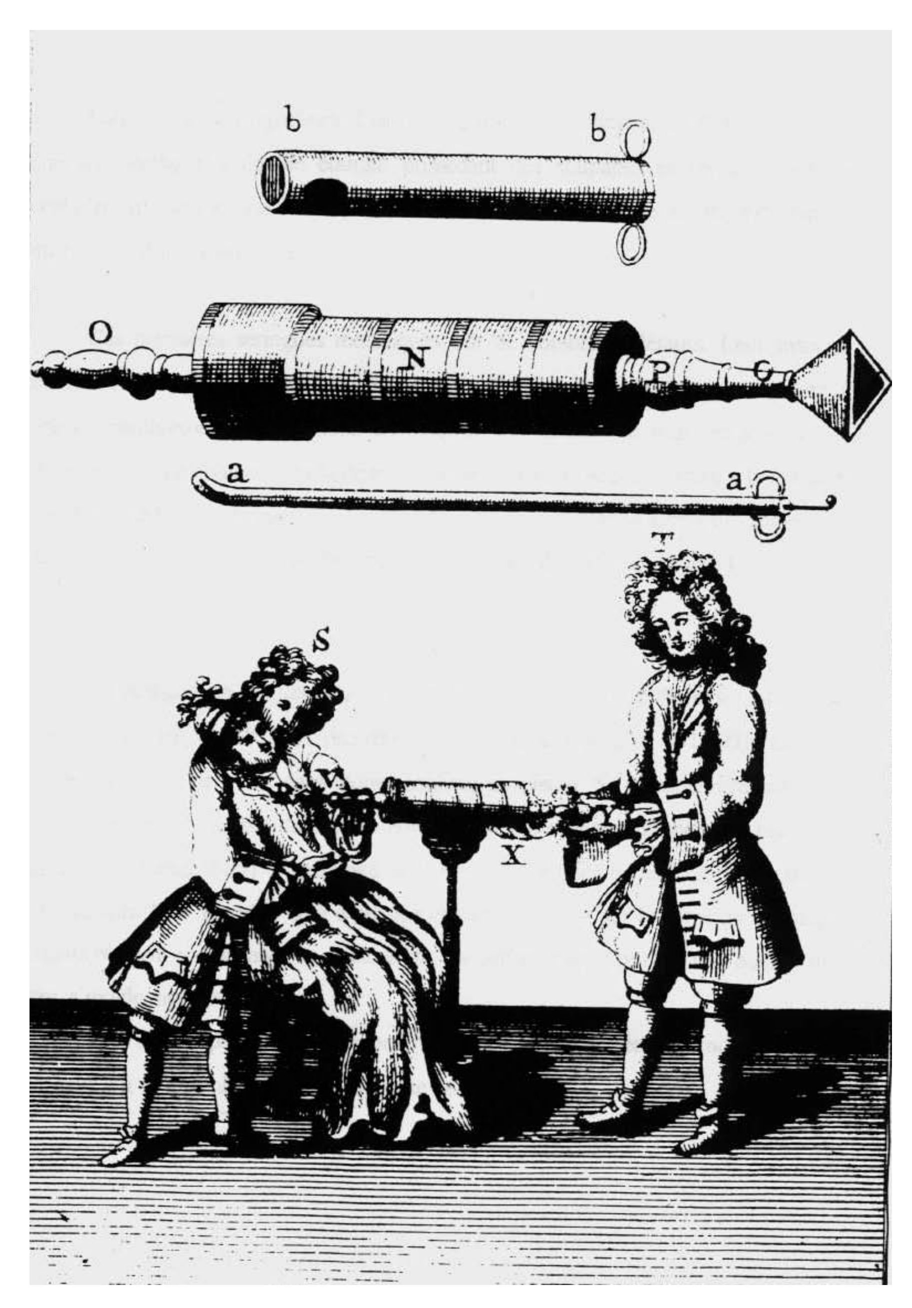


Figure 2: Seringue en métal avec piston d'Anel.

Au début du XIXème siècle, le baron Percy utilise un petit entonnoir d'or ou d'argent terminé par un bec effilé et mousse qu'on introduit dans la plaie. L'infusoir de Percy présente à l'intérieur une soupape rendant impossible le reflux du sang.

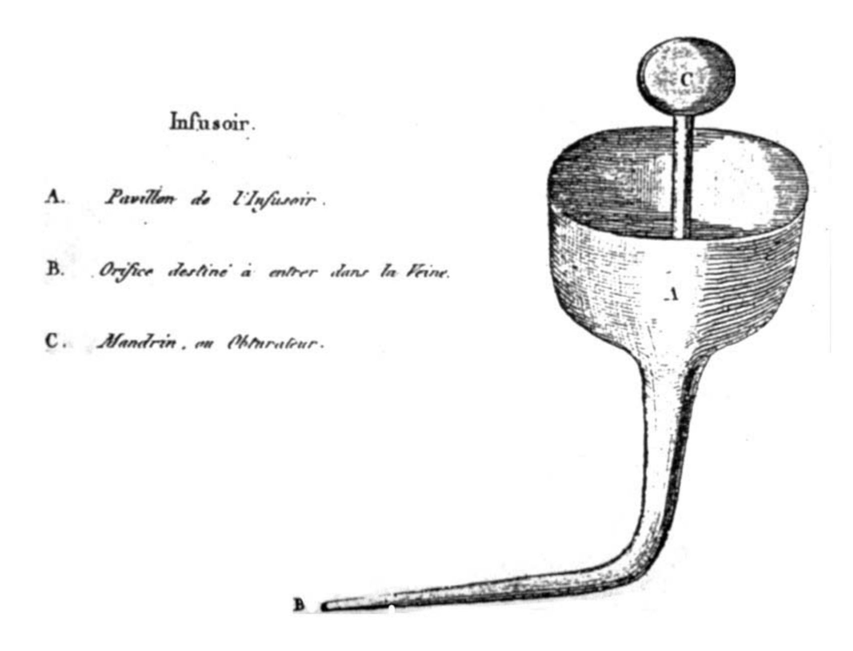


Figure 3 : Infusoire de Percy.

Mais l'administration parentérale (intraveineuse, intramusculaire ou sous cutanée) ne devient vraiment possible qu'après 1853, avec l'invention de l'aiguille creuse de Wood et celle de la seringue de Pravaz. En Angleterre, le médecin écossais Alexander Wood se sert d'une seringue en verre munie d'un système permettant de visser une canule à bords tranchants qui prit le nom d'aiguille creuse. En France, Charles-Gabriel Parvaz fait confectionner par Charrière une seringue en argent avec une canule munie d'un trocart qui se vissait à l'extrémité du corps de pompe.



Figure 4 : Seringue de Pravaz.

Charrière va rapidement perfectionner le système en utilisant une seringue en verre et une aiguille creuse taillée en biseau réalisée en or ou en platine.

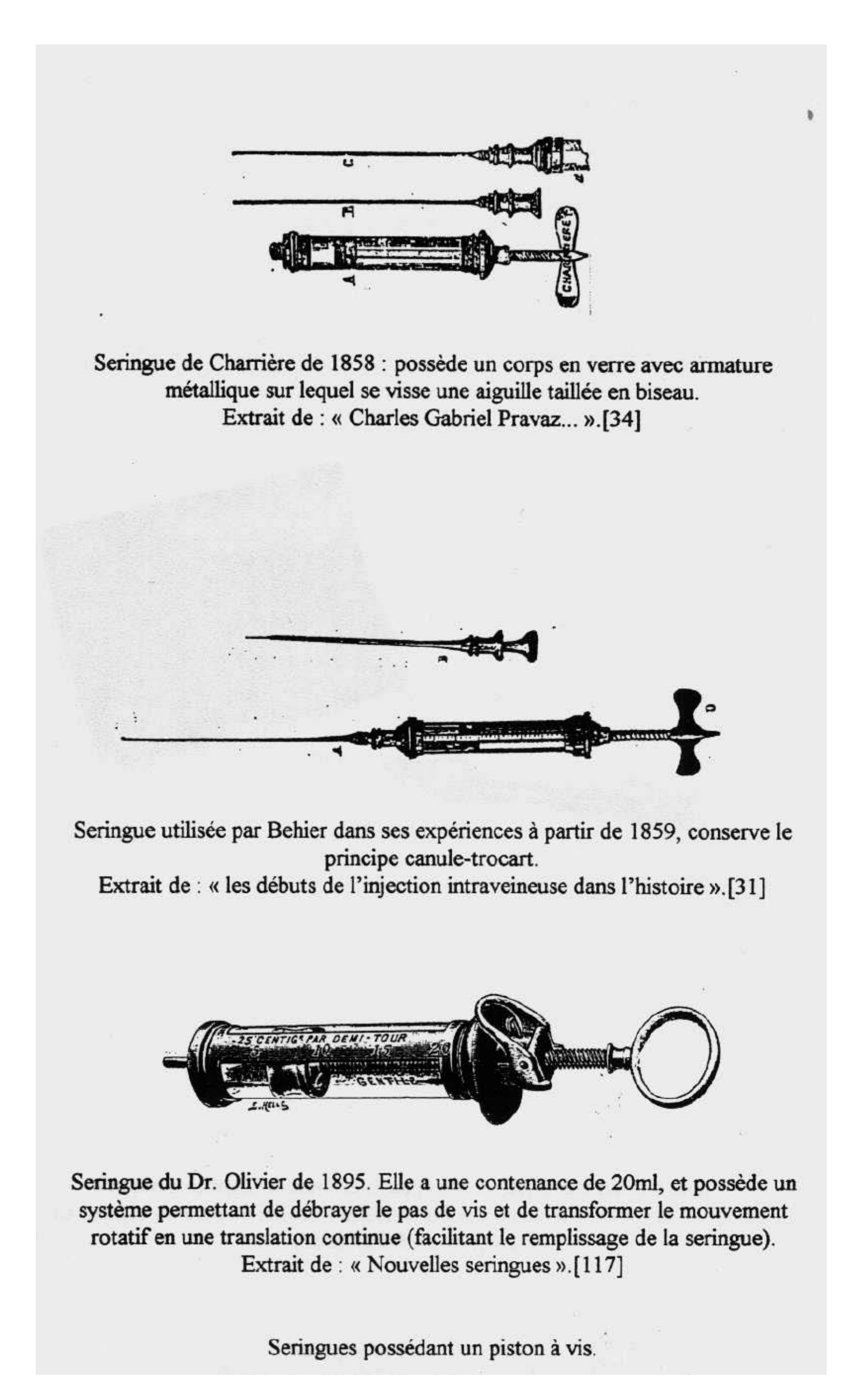


Figure 5 : Evolution de la seringue de Charrière.

Les injections intraveineuses connaissent un grand essor dans la deuxième moitié du XIXème siècle, grâce à leur efficacité démontrée au cours des épidémies de choléra qui sévissent dans le monde et qui touchent plus particulièrement l'Europe. La maison Lüer de Paris commercialise en 1894 une seringue en verre dont l'embout conique a été retenu par la norme internationale actuelle pour éviter les problèmes de connexion (le système de verrouillage de l'aiguille sur la seringue a été créé plus tard par les Américain sous le terme Lüer-Lock®) [7].

Vers 1970, on voit apparaître la seringue en plastique avec des aiguilles à usage unique. Ce modèle finit par s'imposer dans les années 1980 car, outre la stérilité garantie, l'aiguille jetable offre un biseau toujours parfait.

De 1850 à 1950, les injections parentérales et les perfusions utilisent donc des aiguilles réutilisables en métal creux, parfois munies d'un mandrin, selon la technique de la dénudation veineuse puis par ponction directe du vaisseau. En 1949, Duffy publie une étude sur 72 cas de réanimation post-opératoire périphérique, réalisée au moyen de cathéter veineux en polyéthylène [8]. Depuis cette date, les cathéters souples remplacent progressivement les aiguilles en métal pour les perfusions périphériques ou centrales. Ils viennent également remplacer les trocarts de perfusion intra-osseuse, qui étaient à l'époque déjà utilisés.

2) Historique de la voie intra-osseuse

En 1916, Cecil Kent Drinker, un physiologiste américain, décrit les premières tentatives d'injection intra-osseuse de solution de Ringer-Lactate® dans le tibia d'un chien [9]. En 1922, il étudie la vascularisation sternale et la suggère comme potentielle voie d'abord pour la transfusion sanguine, considérant la moelle osseuse comme « a non collapsible vein » [10]. En 1934, Josefson publie en Suède la première série chez l'homme de 50 injections intra-osseuses de préparation de rate dans le traitement de l'anémie pernicieuse [11].

Parallèlement, se développent les techniques de prélèvement de moelle osseuse, les premières tentatives datant du début du XXème siècle. Jusqu'aux années 1920, le site de prélèvement est l'extrémité supérieure du tibia. En 1923, la première trépanation sternale chirurgicale est décrite, suivie en 1927 de la première aspiration médullaire sternale [12]. Différents types de matériels sont alors utilisés jusqu'à ce que Mallarmé mette au point son célèbre trocart en 1935 [13].

En 1940, un médecin interniste allemand, Norbert Henning, utilise les connaissances alors acquises pour effectuer une transfusion sanguine intra-sternale chez un patient en agranulocytose [14]. Il publie différents travaux expérimentaux sur la perfusion sternale et les expose en mai au congrès de la Société allemande de médecine interne, en recommandant cette méthode pour le temps de guerre [15-16].

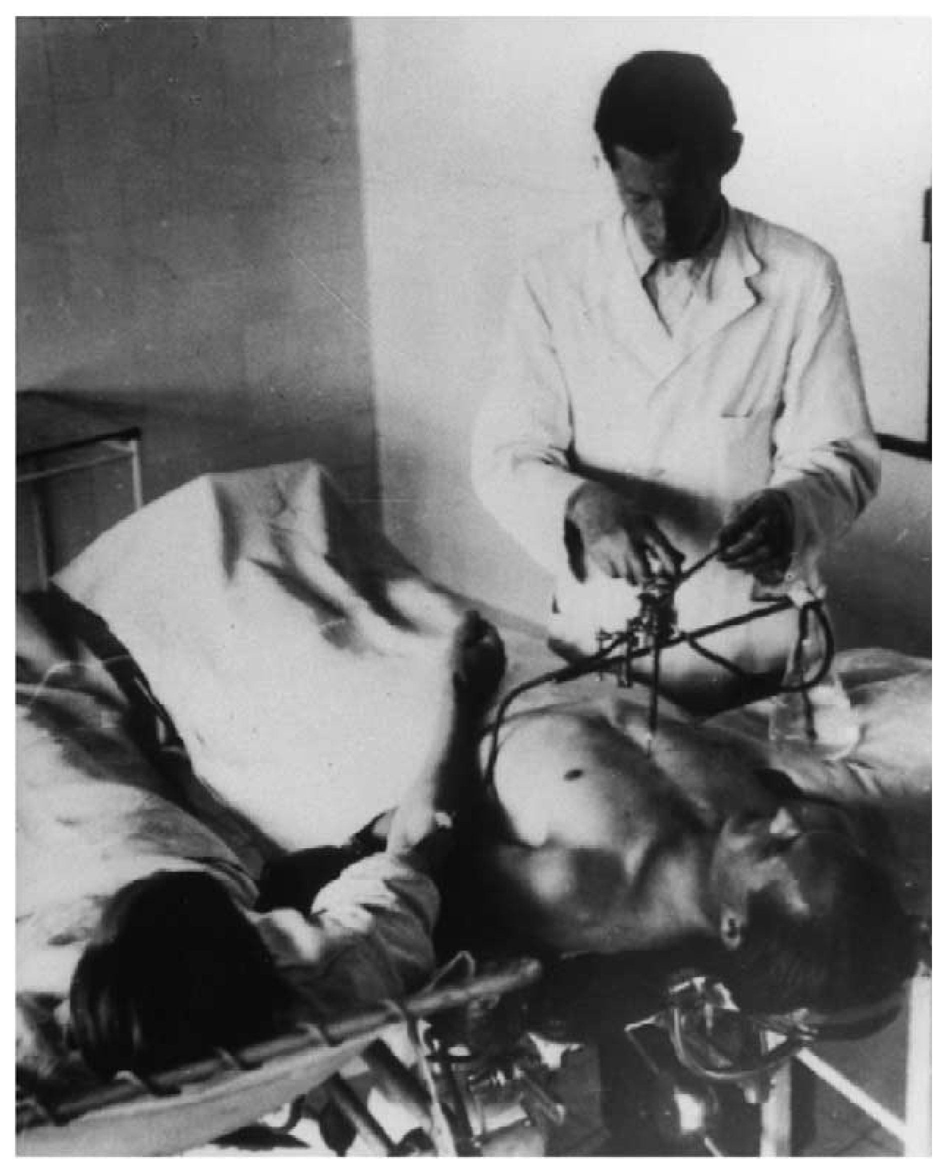


Figure 6 : Transfusion sanguine intra-sternale par utilisation d'une pompe à roulette en 1949.

Presque simultanément, en octobre 1940, Leandro Tocantins et O'Neill, deux médecins américains, publient un article qui confirme l'absorption rapide des substances injectées en intra-osseux : en injectant 5 mL de sérum salé, dans la moelle des os longs de lapins, 2 mL pouvaient être prélevés à l'autre extrémité sans signe d'infiltration sous-cutanée [17]. Puis ils démontrent clairement que la cavité médullaire des os pouvait être utilisée comme une voie d'abord vasculaire, en perfusant 14 personnes en intra-osseux que ce soit en sternal ou en tibial, avec du sang citraté, du plasma, du sérum glucosé ou salé sans observer aucune réaction immédiate ou à distance [18].

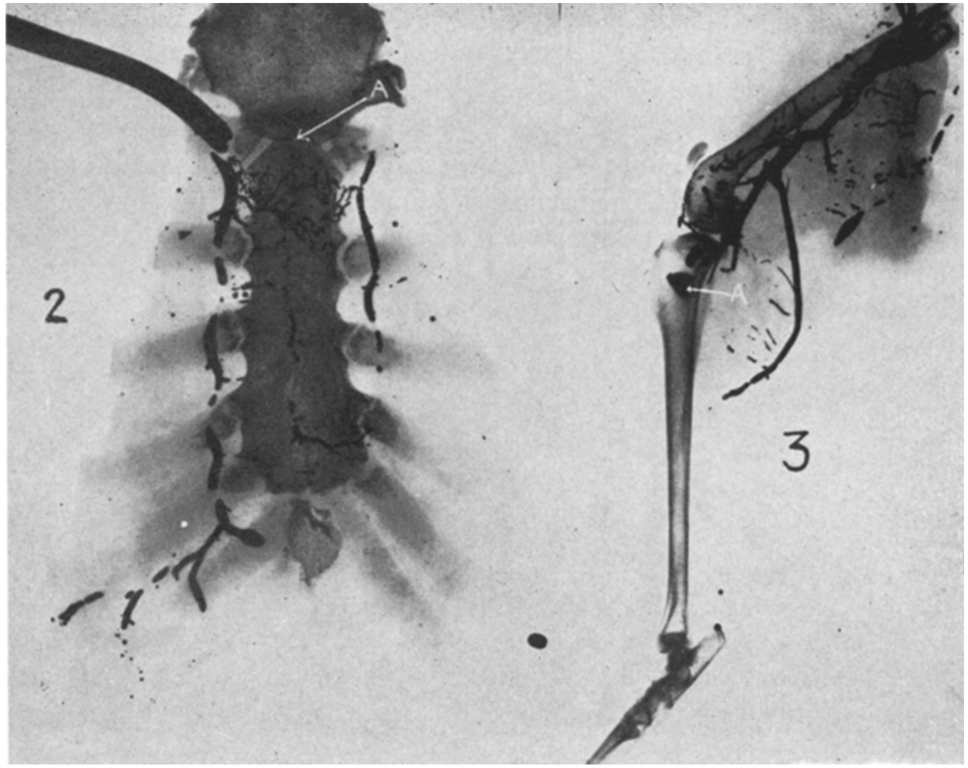


Figure 7 : Perfusion intra-osseuse de mercure en sternal et dans le membre inférieur d'un lapin.

En 1940, est mis au point le trocart sternal de Tocantins (George Pilling & Sons ™), muni d'un mandrin et d'une garde réglable ovoïde qui coulisse le long de l'aiguille et qui se fixe avec une vis [19].



Figure 8 : Trocart de Tocantins.

Le trocart sternal de Papper (Becton Dickerson™) utilisé à partir de 1942 dans l'armée américaine, ne comporte qu'une aiguille et un mandrin. Il démontre dans ses travaux, que le temps de circulation des fluides en intra-osseux et en intra-veineux était pratiquement similaire. Il décrit déjà la perfusion intra-médullaire comme étant complémentaire de la voie veineuse périphérique traditionnelle [20].

Ces progrès encouragent de manière conséquente l'utilisation dans les deux camps du dispositif intra-osseux dans le traitement du choc hémorragique du blessé de guerre. En 1943, le chirurgien allemand, Herbert Junghanns, est le premier à induire une anesthésie en administrant des barbituriques par voie intra-sternale.

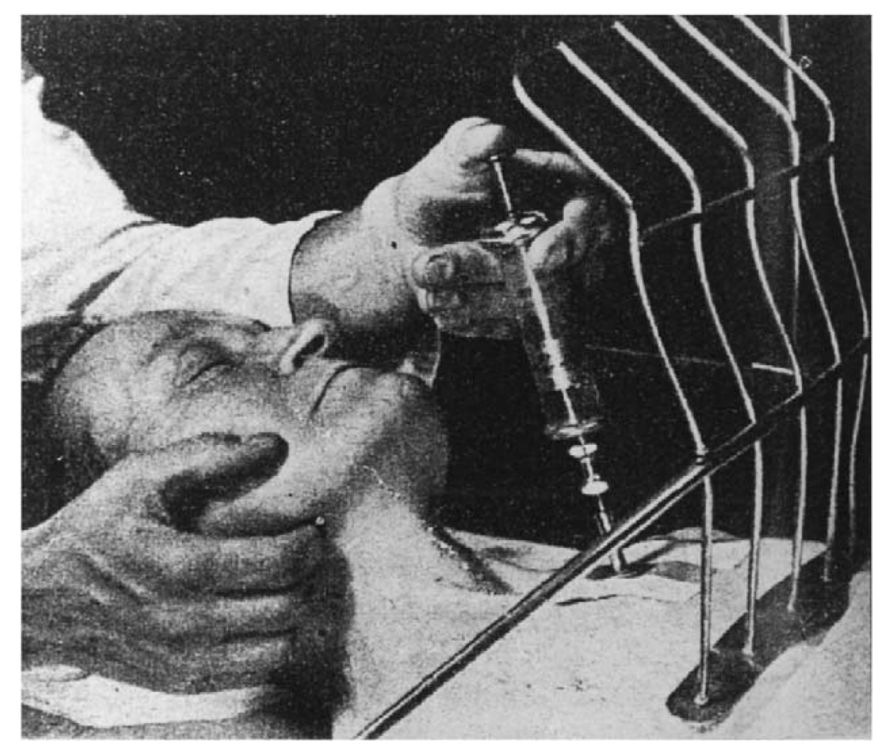


Figure 9 : Administration de bariturіques EVIPAN par voie intra-sternale lors de l'induction de l'anesthésie générale.

Tout comme Hennig, il recommande l'utilisation d'un dispositif intra-osseux lors d'abord veineux périphérique difficile, en cas d'hypovolémie ou de brûlures. Il décrit cette pratique plus facile chez l'enfant et la personne âgée du fait d'une moindre résistance osseuse. Il cite également l'emploi d'un marteau afin de faciliter l'insertion de l'aiguille chez l'adulte [21].

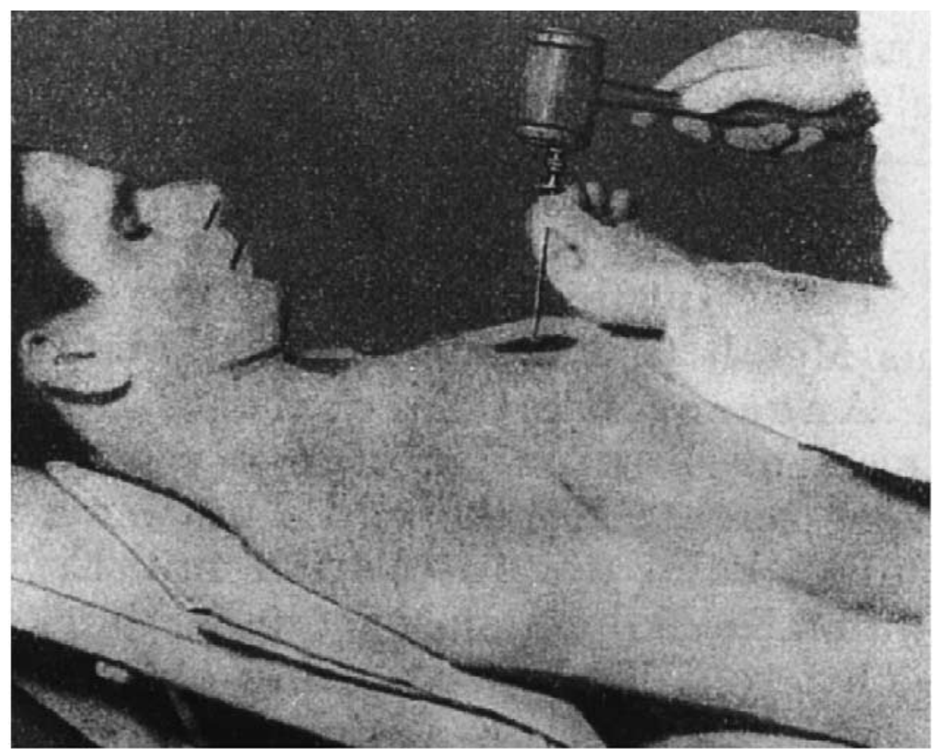


Figure 10 : Insertion au marteau d'une aiguille dans la cavité médullaire sternale.

L'armée américaine est déjà dotée du matériel de perfusion intra-osseuse et cette technique est largement utilisée pour la prise en charge simultanée de nombreux blessés dans un contexte d'urgence [22]. En effet, lors d'afflux massifs de blessés, la voie intra-osseuse est une voie d'abord de choix permettant la délivrance de solutés et la transfusion rapide de nombreux patients présentant une détresse vitale.

Cette pratique est initialement introduite en milieu hospitalier par Bailey en 1944, puis par Quilligan et Turkel en 1946, pour être ensuite utilisée lors de la prise en charge précoce en milieu préhospitalier. On retrouve dans la littérature un cas de pose d'une voie intra-osseuse sur un soldat gravement blessé d'un bombardier B-29 lors d'une mission aérienne au dessus du japon en 1944. En choc hémorragique, les veines sont collabées. La mise en place d'une voie intra-sternale permet un remplissage vasculaire rapide et efficace, et la pose secondaire d'une voie veineuse périphérique en relais [23]. Bien que non décrite dans l'article, l'aiguille utilisée

est probablement une aiguille de Turkel. En effet, c'est à cette époque que le Docteur Turkel publie de nombreux rapports concernant l'utilisation d'une aiguille intra-osseuse dotée d'une garde ajustable à la profondeur sternale. Elle peut également être utilisée en sternal, en tibial et en fémoral [24] .



Figure 11 : Aiguilles de Turkel.

De tels rapports hospitaliers et préhospitaliers prouvent déjà que, dans des circonstances précaires, la voie intra-osseuse permet de rétablir un débit sanguin suffisant afin d'administrer des drogues et de mettre en place dans les suites immédiates une voie veineuse périphérique [19].

Le trocart sternal utilisé par Bailey (Whilen Brothers™), en 1944 pendant les bombardements de Londres, est de type Mallarmé à ailettes, modifié par l'adoption d'un manche métallique.

D'autres auteurs germaniques publient dans les suites plusieurs articles décrivant le perfectionnement progressif de leur méthode. Le sternum était alors un site de choix, de par sa surface plane et la faible épaisseur de la corticale osseuse. Par contre, cette méthode présente de très nombreuses complications potentiellement létales, telles que la fracture sternale postérieure, l'atteinte vasculaire aortique, la péricardite, la myocardite [25]…

Ainsi, d'autres dispositifs sont développés afin de diminuer l'incidence des effets secondaires. En 1949, le chirurgien Werner Lamprecht met au point un dispositif atraumatique qui permet de sécuriser la pose du dispositif intra-sternal, toujours en recommandant une asepsie stricte préalable à l'insertion [26].

A la fin de la seconde guerre mondiale, la perfusion intra-osseuse est essentiellement utilisée en pédiatrie, chez les sujets nécessitant des transfusions sanguines ou une antibiothérapie de manière itérative [27]. La corticale osseuse plus fine chez l'enfant permet une insertion plus aisée et le risque d'embolie graisseuse est nul [28-29].

Mais cette pratique tombe rapidement en désuétude à la fin des années 1950, période à laquelle on retrouve de moins en moins de références dans la littérature. L'afflux massif de blessés prend fin avec la seconde guerre mondiale. Les traitements intra-osseux comme le plasma, les dérivés sanguins et les cristalloïdes ne sont plus utilisés qu'à des fins transfusionnelles dans le cadre de l'hémorragie ou de l'anémie. Simultanément, l'avènement des cathéters en plastique permet une meilleure tolérance de la voie veineuse ainsi qu'une amélioration considérable de ses performances techniques [27], faisant de cette voie d'abord, une voie de premier choix [19, 30] .

Dans les années 70, on voit naître une nouvelle spécialité: la médecine d'urgence. La marine hollandaise se dote alors d'un trocart sternal à pointe filetée pour la prise en charge des victimes d'immersion en hypothermie [31] . Et c'est en 1977 que Valdes réactualise la méthode d'utilisation du dispositif intra-osseux en publiant une étude sur 15 patients adultes, âgés de 18 à 81 ans (soit un âge moyen de 51 ans), chez qui la pose d'une autre voie avait été impossible [32]. En 1985, William Spivey publie une des premières études comparant une voie veineuse centrale, une voie veineuse périphérique et une voie intra-osseuse afin d'administrer du bicarbonate de sodium dans le cadre d'une réanimation cardio-pulmonaire chez le porc [31, 33]. Rosetti publie la même année, une large étude rétrospective sur plus de 4 000 cas entre 1942 et 1977, mettant en évidence un taux de réussite de 97% à la pose du dispositif intra-osseux en pédiatrie [34]. Un an plus tard, on retrouve encore un article décrivant la réanimation cardio-pulmonaire d'un nourrisson de trois mois, ayant bénéficié d'une administration thérapeutique par voie endotrachéale et intra-osseuse [35].

A la fin des années 1970, jusqu'au début des années 1990, de nombreuses études sur l'animal ont été effectuées. En 1979, Shook a étudié la vitesse de diffusion des cristalloïdes par administration intra-tibiale interne chez le bovin [36]. Dix ans plus tard, Cameron utilise des techniques radiographiques afin d'évaluer la vitesse de passage des fluides dans la circulation sanguine [37]. Orlowski compare en 1990 six drogues administrées de manière randomisée parmi trois voies périphérique, centrale et osseuse [38]. Dubick en 1992 étudie la perfusion de sérum salé hypertonique en intra-sternal [39], tandis que Neufeld utilise les cristalloïdes [40] et Kentner l'HyperHes® en 1999 [41].

De nombreuses revues mentionnent l'existence et l'utilisation du cathéter intra-osseux en pédiatrie, mais seulement quelques articles en font référence en utilisation chez l'adulte, pour des raisons surtout anatomiques. Et c'est lors d'un voyage en Inde qu'Orlowski redécouvre l'intérêt du cathéter intra-osseux pratique pédiatrique. Au cours d'une épidémie de choléra en 1984, il recommande son utilisation en pédiatrie aux Etats-Unis [30] . Les premières recommandations en pédiatrie sont parues en 1986 dans le « Pediatric Advanced Life Support », en cas d'abord veineux impossible dans le cadre de la réanimation cardio-pulmonaire chez l'enfant. Deux ans plus tard, la notion de délai de perfusion apparaît, et la perfusion intra-osseuse (PIO) est recommandée si une voie d'abord n'est pas obtenue dans les cinq premières minutes. Iserson décrit en 1989 l'utilisation d'un dispositif en malléole interne sur 22 patients en arrêt cardio-respiratoire [22].

C'est ensuite que l'armée américaine et l'université de Californie ont mis au point un dispositif intra-sternal, appelé SAVE® pour Sternal Access Vascular Entry, équipé d'un percuteur et d'une garde permettant un accès uniquement intramédullaire [42-43] , qui laissera place par la suite au FAST-1®, actuellement utilisé au Canada, aux Etats-Unis et en Europe.

En 1992, l'utilisation d'un dispositif intra-osseux est recommandé si aucun accès vasculaire n'a été établi dans les premières 90 secondes, chez les enfants de moins de six ans (JAMA), particulièrement dans l'arrêt cardio-respiratoire et surtout en cas d'échec d’une pose de voie veineuse périphérique [44-45].

Son indication tend à s'étendre progressivement à l'adulte, mais les études sont rares et ce sont surtout les travaux militaires qui permettent de mettre en évidence l'intérêt de cette voie, notamment lors de la perfusion de sérum salé hypertonique-hydroxyéthyl amidon (HEA), encore appelé HyperHes®, au cours de la prise en charge du choc hémorragique [46]. La

notion d'épaisseur corticale osseuse a longtemps été un frein à pose du DIO chez l'adulte, mais les différents rapports ne montrent pas de difficulté à l'insertion, ni de diminution du débit de perfusion et donc de délivrance des solutés. En cas de collapsus, les veines sont difficiles à perfuser alors que les points de repères osseux ne subissent pas les variabilités vasculaires.

Plusieurs textes de référence ont été publiés par l'American Heart Association en 1990 et 2005 [47-48], l'European Ressuscitation Council (ERC) en 1993 et 2005 [49-50] et l'International Liaison Committee on Ressuscitation (ILCOR) en 2005 [51] . Tous s'accordent à recommander l'utilisation du cathéter intra-osseux chez l'adulte après un échec de pose de voie veineuse périphérique et ce pour ne pas retarder les délais de prise en charge et d'administration des drogues.

III. Rappels anatomiques

1) Chez l'adulte

Chez l'adulte, il existe différents trois types d'os: courts, longs et plats. Ces os sont constitués de tissu osseux essentiellement mais aussi de tissu hématopoïétique, de tissu adipeux, de vaisseaux, de nerfs, de tissu cartilagineux et de tissu conjonctif.

La plupart des os sont composés d'une zone externe de tissu osseux compact enveloppant une zone interne de tissu osseux spongieux [52]. Il est important ici de comprendre que le tissu osseux, qu'il soit compact ou spongieux, est de type lamellaire. A la différence de chez l'enfant, la matrice osseuse chez l'adulte est disposée en lamelles superposées où les microfibrilles de collagène sont arrangées parallèlement selon une direction qui se modifie dans chaque lamelle successive.

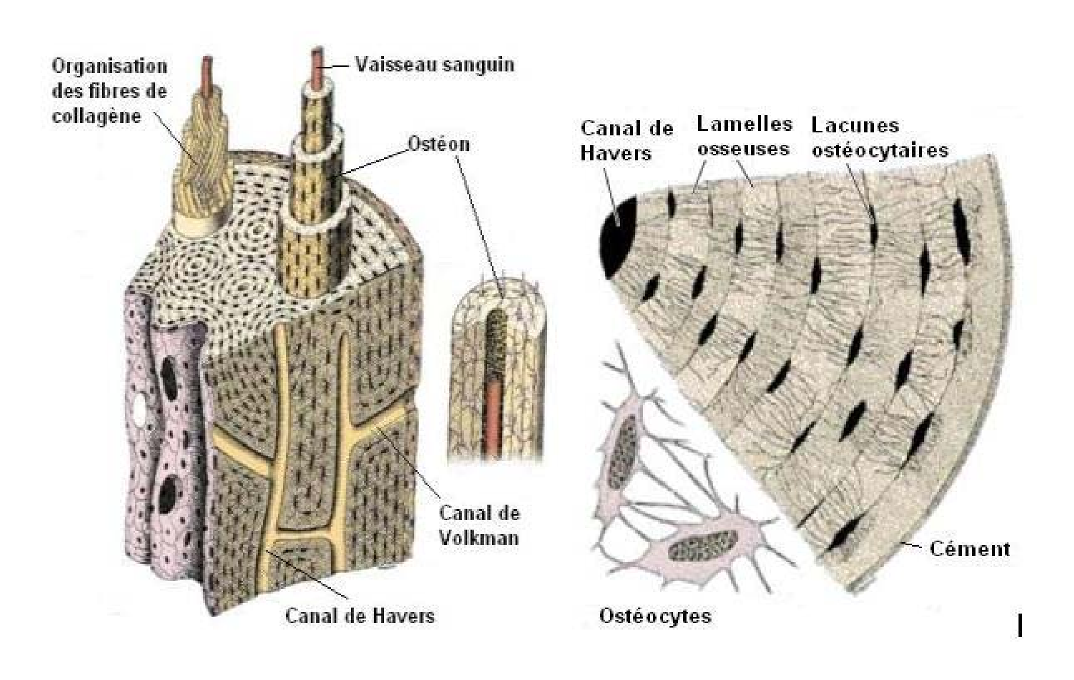


Figure 12 : Histologie osseuse.

Le tissu osseux compact est aussi appelé tissu cortical ou haversien car il est essentiellement constitué d'ostéons ou systèmes de Havers, eux-mêmes faits de lamelles osseuses cylindriques disposées concentriquement autour du canal de Havers. Entre les lamelles, se situent les ostéoblastes contenant le corps cellulaire des ostéocytes. Le canal de Havers contient des capillaires sanguins et des filets nerveux amyéliniques enrobés d'un peu de tissu conjonctif lâche. Les canaux de Havers sont reliés entre eux, avec la cavité médullaire et avec la surface de l'os par des canaux transversaux ou obliques, les canaux de Volkmann. Cette disposition confère à l'os compact un maximum de résistance.

Entre les ostéons se trouvent des lamelles osseuses, vestiges d'ostéons anciens partiellement résorbés et constituant les systèmes interstitiels. La diaphyse des os longs est bordée extérieurement et intérieurement par des lamelles osseuses circonférentielles, réalisant le système circonférentiel externe et le système circonférentiel interne.

Le tissu osseux spongieux, quant à lui, siège essentiellement dans les os courts et les os plats (sternum, ailes iliaques) ainsi que dans les épiphyses des os longs. Il est formé par un lacis tridimensionnel de spicules ou trabécules de tissu osseux, ramifiés et anastomosés, délimitant un labyrinthe d'espaces intercommunicants occupés par de la moelle osseuse et des vaisseaux. Le rôle de la moelle osseuse est le développement des cellules sanguines et la vascularisation propre de l’os.

Le réseau vasculaire intramédullaire est constitué de plexus veineux sinusoïdes, qui ont la propriété de ne pas se collaber car ils sont sous-tendus par des travées osseuses [27, 53]. Ces plexus se drainent par un canal veineux central puis par les veines nourricières, vers la circulation systémique. Le sang peut aussi rejoindre la grande circulation en empruntant le réseau capillaire drainé vers les veines du périoste et les veines de l'étage métaphysaire.

Un os comporte 6 types différents de tissus :

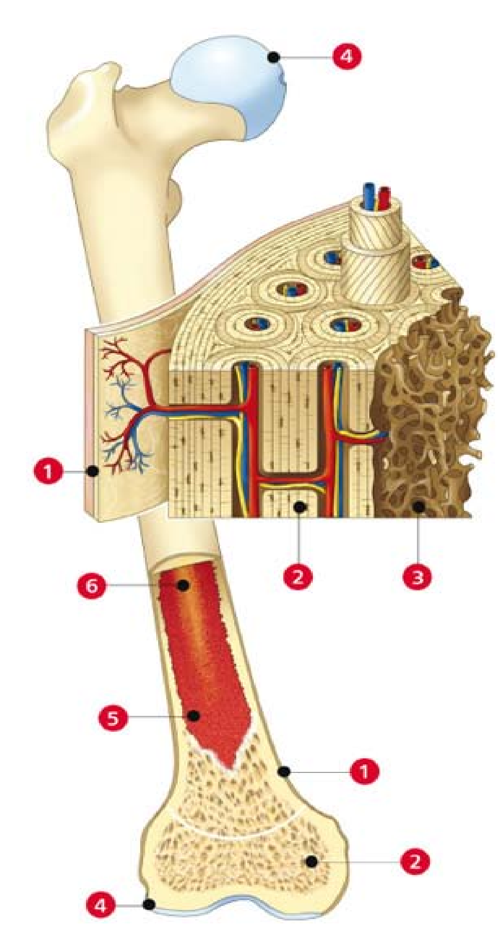


Figure 13 : Structure des os longs.

[1] **Le périoste** est une membrane fibreuse qui recouvre les os, à l'exception des articulations.

[2] **L'os compact**, très dense et uniforme, est composé d'unité élémentaires cylindriques ou ostéons, constitués de lamelles juxtaposées comme dans un rouleau de papier.

[3] **L'os spongieux** ressemble à une éponge avec ses lamelles osseuses délimitant d'innombrables cavités.

[4] **Le cartilage articulaire ou hyalin**, qui recouvre les extrémités, apparaît au microscope comme une gelée rigide mais encore élastique.

[5] **La moelle osseuse ou moelle rouge** occupe toutes les cavités de l'os spongieux, produisant chaque jour 100 à 150 milliards de globules rouges et 1 à 30 milliards de globules blancs.

[6] **La moelle jaune**, masse graisseuse qui occupe le centre de la diaphyse des os longs chez l'adulte

2) Chez l'enfant

Jusque l'âge de 5-6 ans, la moelle osseuse est essentiellement constituée de cellules hématopoïétiques, communément appelée la moelle rouge. Cette moelle va progressivement être colonisée par des cellules adipeuses pour former la moelle dite jaune. Cette précision anatomique permettra de comprendre par la suite, pourquoi chez l'adulte le risque d'embolie graisseuse est théoriquement plus important, proportionnellement à l'âge [54].

3) Discussion sur l'âge et les os sans cavité médullaire

La pratique de la perfusion intra-osseuse est courante chez l'enfant pour deux raisons. En premier lieu, l'abord vasculaire chez un enfant et surtout chez le nourrisson est très difficile à obtenir surtout en urgence. Des ponctions au niveau du scalp sont parfois nécessaires. Ainsi la perfusion intra-osseuse est une alternative de choix, d'autant plus que la faible épaisseur des corticales osseuses offre peu de résistance et ainsi ne requiert pas de force particulière de l'opérateur. Et c'est l'élaboration de nouveaux dispositifs intra-osseux à ressort ou motorisés qui permet de faciliter la pose chez l'adulte dont l'os offre de plus grandes résistances.

Ainsi, plusieurs sites sont éligibles à l'insertion du DIO: sternal, huméral, tibial... Il est légitime de postuler que sans cavité médullaire, la perfusion intra-osseuse n'est pas possible. Mais deux auteurs indépendants ont décrit des cas de perfusion calcanéenne possibles sur des cadavres [55-56] .

IV. Les DIO actuellement disponibles

Il existe différents types de dispositifs disponibles actuellement commercialisés en France. Ils peuvent être classés en trois catégories bien distinctes: les dispositifs manuels, dont l'insertion se fait à la seule force de l'opérateur (le trocart de Mallarmé, les aiguilles de Cook®, le trocart de Jamshidi, le FAST-1® et les aiguilles EZ-IO®), les dispositifs à ressort, dont l'insertion de l'aiguille est facilitée par un ressort (BIG®) et les motorisés comme la perceuse EZ-IO®.

1) DIO à insertion manuelle

Les trocarts manuels sont munis d'une aiguille en acier de taille variable et d'une poignée différente selon chaque modèle. Ils sont pratiques car ils prennent peu de place et sont très légers, les rendant aisément transportables. Ils sont également simples d'utilisation et de faible coût. Ils restent néanmoins peu stables et risquent d'être arrachés lors du transport des blessés en préhospitalier. Des études ont également montré le risque de plicature des aiguilles lors de l'implantation [57-58].

a- Le trocart de Mallarmé métallique ou plastique (www.thiebaud.fr)

Le trocart de Mallarmé (Réf.: MAL 12320S) date de 1935, il peut-être constitué de matériau plastique ou métallique. Son utilisation initiale est la ponction médullaire. Il est muni d'une aiguille biseautée à garde fixe sur laquelle se posent les doigts de l'opérateur. Il comporte deux ailettes assurant une prise solide et un renflement limitant sa pénétration. L'extrémité de son mandrin est munie d'une poignée très réduite qui gêne l'appui de la paume de la main. Il existe en 16 et 18 gauges (G) et sa longueur est de 20 millimètres (mm), l'ensemble aiguille et embout mesure 62 mm. Il n'est pas équipé d'un embout Lüer-Lock® et ne peut donc pas être utilisé pour une perfusion continue.

Le t'PS® (réf.: TPS1620S) est un trocart de Mallarmé, possédant une poignée ergonomique en plastique bleu, facilitant la prise en main et l'appui. Un embout Lüer -Lock® permet la mise en place d'une perfusion. Son aiguille existe en 15 et 18 G, de longueur 20 mm. Ce trocart présente néanmoins une fragilité au niveau de la jonction entre la poignée et l'aiguille, avec un risque de plicature à ce niveau lors de l'abord de corticale osseuse épaisse. C'est pourquoi, on préfère utiliser ce type de dispositif en abord sternal chez l'adulte. La longueur totale du dispositif est de 60 mm, incluant l'aiguille et l'embout. Ce trocart est en dotation au catalogue des approvisionnements et de courant et des formations sanitaires de campagne du Service de santé des armées depuis 2007, en boites de cinq sous le n° NMA 692 299 696 005 avec un prix de 60,93 euros TTC soit 12,18 euros TTC l'unité [59-60].

b- Les aiguilles de Cook® (www.cookmedical.com).

Les aiguilles de Cook® sont des trocarts spécifiques dont le nom est tout simplement issu de son producteur, le Cook Critical Care® (Bloomington, Etats-Unis). Leur utilisation se situe essentiellement en pédiatrie même s'il existe des modèles adultes. Plusieurs types d'aiguilles sont proposés en différentes tailles et calibres. Elles peuvent être munies ou non d'un pas de vis, avec ou sans extrémité biseautée.



Figure 14 : Aiguille de Cook® type Dieckmann.

L'aiguille de Cook® classique est munie d'une butée à ailettes, d'un pommeau qui permet un appui palmaire confortable pour l'introduction du trocart et d'un mandrin évitant l'obstruction luminale par de la corticale osseuse ou des débris médullaires [54]. La longueur de l'aiguille est de 30 mm et l'ensemble aiguille et embout mesure 50 mm. Le repère de positionnement à 1 cm de l'extrémité proximale de la canule constitue un point de référence visuel pour déterminer la profondeur de canulation. Elle est livrée stérile sous emballage stérile et son usage est unique. Les aiguilles de Cook™ de calibre 18 G, utilisées outre mer figurent, sous l'appellation dispositif de perfusion osseuse pédiatrique, au catalogue dans le lot pédiatrique humanitaire dit M3 sous la référence NMA 697 490 005 001. Depuis 2009, ces aiguilles existent sous la même référence dans la dotation pédiatrique de l'ACA 05 et figurent au catalogue des formations sanitaires de campagne depuis 2010 avec un prix de 56,65 euros TTC [59-60].

L'aiguille de Dieckmann (Ref: C-DIN-16-3.0-T45-DKM) est munie de deux orifices latéraux opposés positionnés près de l'extrémité distale de la canule de l'aiguille assurent le débit si l'extrémité de l'aiguille est obstruée par le cortex osseux postérieur.

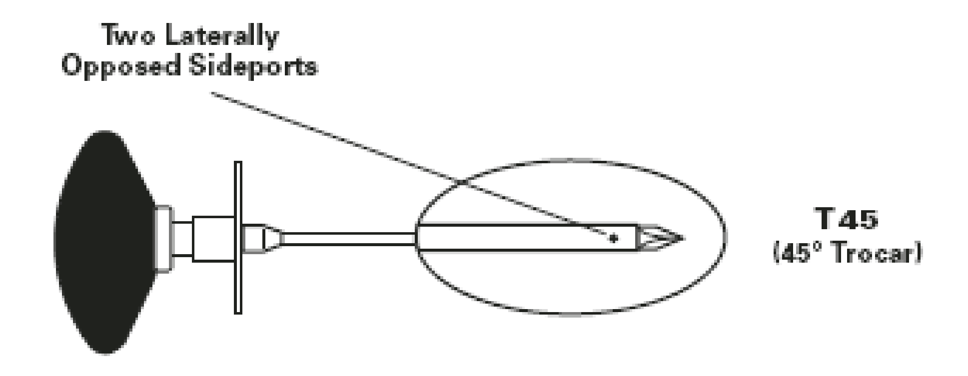


Figure 15 : Aiguille de Dieckmann.

La version avec l'embout standard possède un repère de positionnement à 1 cm de l'extrémité proximale de la canule constituant un point de référence visuel pour déterminer la

profondeur de canulation. Son calibre va de 14 à 18 G et sa longueur de 25 à 30 mm. Elle est livrée stérile sous emballage stérile et son usage est unique. Son coût est de 50 euros TTC.



Figure 16 : Aiguille de Cook® type Dieckmann avec marque.

Il existe une version avec un embout en acier inoxydable (Ref: C-DIN-15.5-3.0-T45-DKM-HD) assurant une stabilité supplémentaire. Son calibre est de 15,5 G et sa longueur de 30 mm. Elle est livrée stérile sous emballage déchirable et son usage est unique. Son coût est de 65 euros TTC.

L'aiguille de Sussmanne-Raszynski présente une paroi inférieure filetée et se fixe plus solidement dans la corticale osseuse [61] . Elle existe avec ou sans collerette réglable (Ref: C-SDIN-15.5-3.0-T45-AF et C-SDIN-15.5-3.0-T45). Son calibre est de 15,5 G et sa longueur est de 30 mm. Elle est livrée stérile sous emballage stérile et son usage est unique.

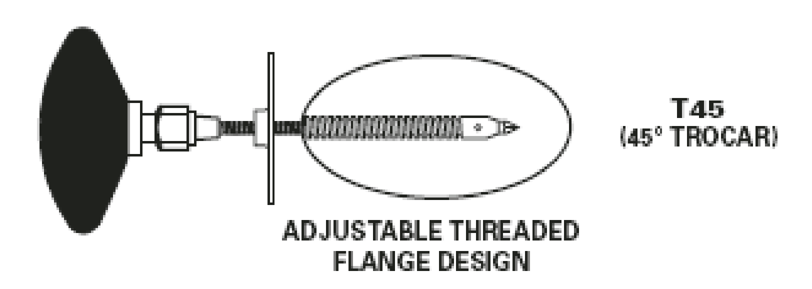


Figure 17 : Aiguille de Sussmanne-Raszynski à tige filetée.

c- Le trocart de Jamshidi ou cathéter de l'Illinois (Cardinal Healt ™)

L'utilisation la plus répandue des dispositifs intra-osseux en pédiatrie est le trocart de Jamshidi (Cardinal Health ™, McGaw Park, IL) [62-63].

Le trocart de Jamshidi (encore appelé cathéter de l'Illinois) date de 1993. Il est muni d'un embout Lüer-Lock® qui permet la perfusion et d'une garde réglable qui se dévisse. Il n'y a pas de poignée et la paume doit être protégée de l'extrémité du trocart par une compresse. L'aiguille solide est disponible en 15 G avec une longueur de 20 mm (Réf.: DIN1515X) et en 18 G avec une longueur de 15 mm (Réf.: DIN1518X). La longueur totale du cathéter sans le mandrin est de 80 mm, ce qui implique une réduction du débit de perfusion et rend difficile la fixation. Chez l'adulte en tibial, l'insertion du trocart de Jamshidi 15 G est possible mais nécessite une certaine force, pouvant entraîner une plicature de l'aiguille chez l'adulte jeune. Il pèse 16 grammes et son coût est d'approximativement 15 euros TTC.



Figure 18 : Trocart de Jamshidi.

Il existe une version du trocart de Jamshidi avec une poignée volumineuse (Réf.: TIN3018) appelé trocart de Kendall, permettant un appui plus efficace mais son aiguille de 15 G mesure 115 mm, ce qui limite son utilisation essentiellement aux ponctions médullaires au niveau iliaque.



Figure 19 : Trocart de type Kendall.

d- Le FAST-1® (www.pyng.com).

La technologie du SAVE® (Sternal Access Vascular Entry) est un cathéter intra-sternal fileté développé en 1990 par l'armée américaine et l'université de Californie, non commercialisé en France. Il est équipé d'un percuteur et d'une garde. Le concept est ensuite repris par Pyng Medical Corporation, Richmond, BC, Canada, qui développa par la suite le FAST-1® (Fast Access Shock and Trauma) en 2002, autre type de dispositif intra-sternal, permettant une perfusion plus rapide et moins traumatisante [42]. Il a été agrée par la Food and Drug Administration (FDA) en 1997 et a été recommandé pour les forces spéciales US en 2004.

Le FAST-1® est uniquement destiné à la voie sternale. Il est muni d'une volumineuse poignée cylindrique de couleur rouge-brun. Il est composé d'une série d'aiguilles disposées en cercle entourant un trocart central dans lequel passe un cathéter de 18 G mesurant 80 mm. Le système de fixation autocollant est triangulaire et comporte une encoche qui est apposée sous la fourchette sternale. Un orifice sous-jacent marque l'emplacement pour l'insertion. A la mise en place du dispositif sur le manubrium, les aiguilles périphériques marquent la profondeur du périoste et lorsqu'une pression de 60 PSI (4 bars) est appliquée, l'aiguille centrale pénètre en intra-osseux sur 6 mm, sans risque de perforation postérieure du sternum. [19, 57, 64]. Un dôme protecteur transparent s'accroche sur le système de fixation. L'association d'un cathéter souple à la coque de protection rend la fixation du FAST-1® particulièrement efficace.



Figure 20 : FAST-1®.

Le kit comprend un antiseptique, un patch cible, un introducteur, une tubulure et un dôme protecteur. Il est accompagné d'un mode d'emploi. Des études ont montré qu'il était plus long à poser mais il est beaucoup plus sûr. La difficulté réside dans la pression manuelle continue à appliquer de manière constante [57]. Il reste un dispositif lourd et encombrant et il est difficile à utiliser en cas de manœuvres de réanimation cardio-pulmonaire ou encore lors des transports en matelas coquille [64]. Sur les nouveaux modèles, il n'existe plus d'outil de retrait, ce dernier se fait simplement en désinsérant le dispositif et en appliquant une compresse sèche. Le kit complet pèse 162 grammes et son prix est de 174 euros TTC. Il existe un modèle d'entraînement que l'on peut réarmer à l'aide d'une tige métallique.

Les cinquante premières utilisations du FAST-1® sont rapportées en 2000 dans six services d'urgence et cinq services d'urgence préhospitalières au Canada et aux Etats-Unis regroupant 21 médecins hospitaliers et 29 personnels paramédicaux [3].

Le dernier modèle élaboré s'appelle le FAST-X®, il n'est pas encore commercialisé à ce jour.



Figure 21 : FAST-X®.

e- Les aiguilles EZ-IO®, EZ-IO® manuel, EZ-IO® sternal (www.silvermedical.com).

Les différents types de dispositifs EZ-IO® manuels ont été commercialisés par Vidacare™ depuis 2004, il en existe trois: la poignée, le manuel et le sternal.

L'aiguille EZ-IO® avec poignée réutilisable, noire de forme ergonomique, munie d'un embout métallique pentagonal sur lequel s'adaptent les aiguilles EZ-IO® adulte et enfant qui seront décrites plus tard. Son faible encombrement et son prix très modique en font un outil de choix pour le transport dans un sac médical d'urgence et donc en milieu extra-hospitalier. Elle mesure seule 8 centimètres. Cette poignée est la plus appropriée à l'usage militaire. Initialement retirée du commerce par le constructeur, l'armée britannique a obtenu son retour sur le marché. Son prix est de 34,68 euros TTC.



Figure 22 : Poignée EZ-IO®.

L'EZ-IO® Manual needle set (ref: 9055). L'aiguille de calibre 15 G mesure 25 mm. Sa longueur totale avec l'embout est de 45 mm. Elle est quasiment identique à la précédente hormis le mandrin muni d'une poignée en plastique ronde de 30 mm de diamètre, de couleur bleue claire, facilitant la prise en main. Le dispositif est livré dans une pochette de 10 x 23 cm et contient une compresse alcoolisée, une compresse sèche stérile, le dispositif intra-osseux, un raccord coudé avec valve anti-retour, une bande de poignet en plastique jaune fluorescent, un protège-aiguille et un mode d'emploi. Le poids total est de 40 grammes. L'EZ-IO® manuel a un prix de 143,52 euros TTC et est réservé uniquement à l'usage militaire. Il existe un modèle d'entraînement de couleur rouge.

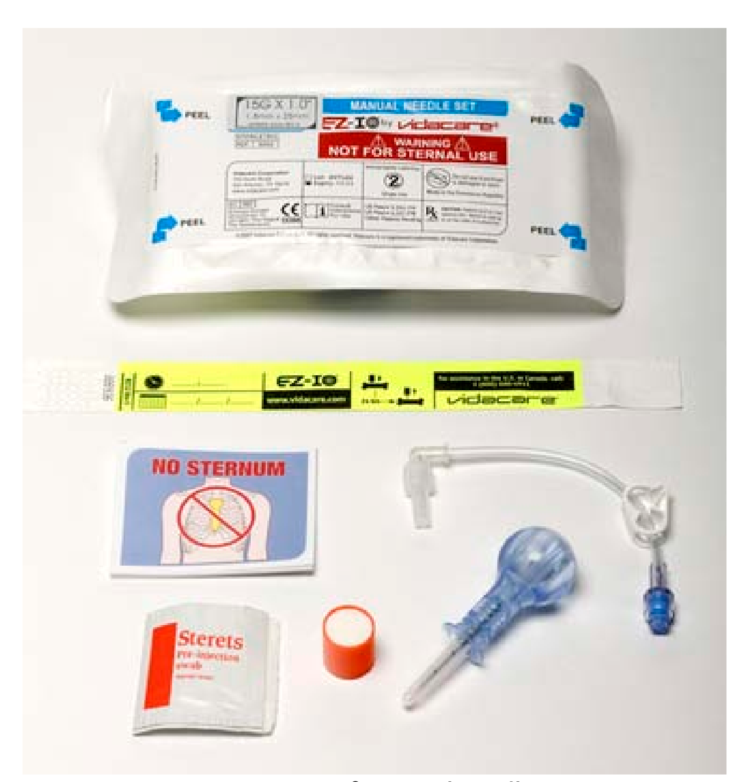


Figure 23 : EZ-IO® Manual needle set.

L'EZ-IO® Sternal needle set (ref: 9045) est la seule version des trocarts EZ-IO® disponibles pour l'abord sternal. Il dispose d'une aiguille de 15 G, mesurant 7,5 mm de long. L'ensemble aiguille et embout mesure 40 mm de long. Le mandrin dispose à son extrémité d'une petite poignée arrondie de 20 mm de diamètre. Il est livré dans un sachet qui comprend le trocart, une compresse sèche, une compresse alcoolisée, un bistouri, un raccord de tubulure,

un bracelet, une protection de la pointe de l'aiguille, un dispositif de fixation et un mode d'emploi. Le kit pèse 45 grammes. L'EZ-IO® sternal a un prix de 145,12 euros et se voit réservé uniquement à l'usage militaire.

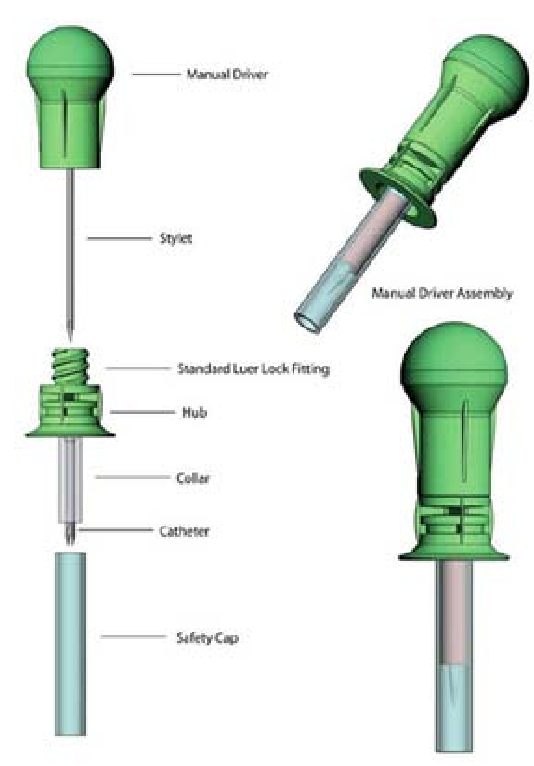


Figure 24 : EZ-IO® sternal.

f- conclusion

Les différentes aiguilles manuelles sont simples d'utilisation, légères et relativement peu coûteuses mais restent difficiles à utiliser chez l'adulte, du fait d'une corticale plus épaisse que chez l'enfant. La force à développer par l'opérateur doit être constante avec un risque important de déplacement de l'aiguille, entraînant des extravasations ou encore des désinsertions lors des manipulations [65].

2) Le Bone Injection Gun® ou BIG® (www.waismed.com) .

Le B.I.G.® ou Bone Injection Gun® a été commercialisé en 1997 par Waismed™. Il est distribué par Dumont Sécurité™ (www.dumont-securite.fr) en France depuis 2002. Agréé aux Etats-Unis par la Food and Drug Administration (FDA) en 1999, le BIG® est évalué par les forces spéciales américaines en 2000 puis adopté pour les théâtres d'opérations en Irak et en Afghanistan en juin 2004.

Il fait partie de la gamme des dispositifs semi-automatiques, grâce à son système de ressort. L'insertion de l'aiguille se fait par simple pression et non plus par la force de l'opérateur. Il en existe un modèle adulte et un modèle pédiatrique. L'aiguille métallique adulte est de 15 G et mesure 33 mm, sa garde permet une profondeur d'insertion réglable de 1,5 à 2,5 cm variable en fonction du site de ponction. L'ensemble aiguille et embout mesure 80 mm. L'aiguille pédiatrique de calibre 19 G mesure 24 mm et peut être insérée à une profondeur de 0,5 à 1,5 cm pour les moins de 12 ans. La goupille de sécurité de couleur rouge, sert également à la fixation finale du dispositif.



Figure 25 : BIG® pédiatrique (à gauche) et adulte (à droite).

Son utilisation la plus classique est prétibiale, mais il est décrit dans la littérature des utilisations en radial, ulnaire et huméral [57, 64, 66-67] . Il a été approuvé par la Food and Drug Administration (FDA 510K No. K981853) et par le ministère de la santé israélien en 2000.

Le BIG® est constitué d'un manche imprimé d'une flèche, au travers duquel se distingue un ressort et une sécurité amovible de couleur rouge visible à l'extrémité de ce manche. Le corps est de couleur (rouge ou bleu selon qu'il s'agisse d'un dispositif

respectivement pour enfant ou pour adulte) sur lequel on distingue une échelle réglable (en cm), qui permet de choisir la profondeur de perfusion en fonction du site choisi (1,5 cm en radial, 2 cm dans la malléole et 2,5 cm en prétibial ou en huméral). Ce corps est muni d'un orifice excentré duquel sort l'aiguille intra-osseuse. Il peut être inséré en tibial proximal ou distal et en huméral chez l'adulte mais il est formellement contre indiqué en sternal.

Le BIG® est actuellement largement utilisé en Israël dans l'Emergency National System (EMS) [68]166. Il est en dotation en Afghanistan depuis l'été 2008 et figure aux catalogues du service courant et des formations sanitaires de campagne sous le n° NMA 692 200 197 001 au prix de 56,45 euros TTC. Il existe un dispositif d'entraînement muni d'un ressort très lâche qui permet le réarmement du BIG® avec une poignée en métal. Il est compact et léger, 99 grammes. Son coût est actuellement de 85 euros mais il nécessite un apprentissage de la technique [67].

Il en existe également un modèle vétérinaire de couleur verte.

3) Les trocarts EZ-IO® avec perceuse

L'EZ-IO® avec perceuse est le modèle le plus perfectionné (réf.: 9050). Il s'inspire des perceuses utilisées par les chirurgiens orthopédiques pour le passage des corticales osseuses lors de la pose de vis ou de plaques. Ce dispositif se constitue donc d'un appareil autonome en batterie au lithium non rechargeable, similaire à une perceuse, sur lequel est disposée une aiguille stérile adaptable. Le principal avantage est de maîtriser avec précision la force de pénétration dans l'os pour ainsi disposer l'aiguille à la profondeur désirée [69]. Il permet un franchissement plus aisé des corticales osseuses les plus épaisses.

Il existe actuellement deux modèles de perceuse. Le premier modèle EZ-IO® Power Driver (réf. : 9050) pèse 400 grammes avec une pile au lithium scellée, prévue pour une durée de vie de 10 ans ou 1000 utilisations. Le deuxième modèle EZ-IO® G3 Power Driver, de poids et de dimensions plus réduits (320 g), beaucoup plus compact, existe en version militaire (réf. :9040), civile (réf. : 9058) et d'entraînement (réf. : 9059). Sa pile lithium scellée est prévue pour une durée de vie de 10 ans ou plus de 500 utilisations.



Figure 26 : Perceuse EZ-IO® G3 power driver.

Bien que ces dispositifs n'existent pas encore au catalogue des formations sanitaires de campagne, on peut déjà les commander avec les références suivantes :

- Manche auto motorisé: NMA 692 200 221 001 (272,99 euros TTC)

- Manche auto motorisé réservé exclusivement à l'usage militaire : NMA 692 200 222 001 (272,99 euros TTC).

- Set d'aiguilles EZ-IO LD jaune pour patient de 40 Kg et plus de forte corpulence, boite de 5 sets : NMA 692 200 200 005 (471,52 TTC soit 94,304 euros l'unité).

- Set d'aiguille EZ-IO adulte bleu pour patient de 40 Kg et plus, boite de 5 : NMA 692 200 697 005 (471,52 TTC soit 94,304 euros l'unité).

- Set d'aiguille EZ-IO pédiatriques roses pour patient de 3 à 39 Kg, boite de 5 : NMA 692 200 203 005 (471,52 TTC soit 94,304 euros l'unité)

4) Les moyens de fortune.

En l'absence de matériel approprié, il est envisageable d'utiliser d'autres aiguilles, qui seraient idéalement munies de mandrin pour éviter l'obstruction de l'aiguille.

- Aiguille à ponction lombaire de calibre 0,9-0,7 mm (20-22G) [5, 35, 71]
- Aiguille hypodermique de 1,1 mm de diamètre (19G) [72]
- Aiguille de Tuohy [73]
- Epicranienne de 1,65-1,1 mm de diamètre (16-19G) [74]
- Simple cathéter court [75]



Figure 27 : Aiguille de Tuohy.

Ces moyens, dépourvus de garde et de poignée, exposent au risque de plicature de l'aiguille mais peuvent pallier à certaines situations critiques de dénuement, notamment en situation de catastrophe.

5) Les produits non commercialisés en France

a- Sur-Fast®

Les aiguilles Sur-Fast® (Cook Critical Care ™) datent de 1995. Le dispositif est muni d'une volumineuse poignée amovible. Son poids est de 88 grammes et son coût d'environ trente euros.



Figure 28 : Sur-Fast®.

b - Reusable Intraosseous Infusion Device for Combat Casualty Care (www.tiaxllc.com).

Ce dispositif a été développé à la demande de la NASA. Il permet d'insérer plusieurs aiguilles avec la même poignée. Il pèse 217 grammes, est composé de 10 aiguilles stériles à poser en intra-sternal, il fait partie du programme de recherche américain SBIR (Small Business Innovation Research) et n'est pas actuellement commercialisé en France. (www.tiaxllc.com)

c- FirstMed®

Le FirstMed® est un trocart sternal ou tibial en développement par Ressuscitation Solutions Inc, Glaveston aux USA [19].

6) Discussion

Les dispositifs manuels de type Mallarmé ou Jamshidi sont légers et peu coûteux mais ils disposent d'une aiguille trop fragile exposant au risque de plicature lors de son utilisation extra-sternale [76] . Par ailleurs, leur taille importante rend leur fixation difficile [77] .

Les aiguilles de Cook® adulte et les trocarts EZ-IO® manuel et sternal possèdent une poignée ergonomique et une aiguille solide. Ils nécessitent néanmoins une force de l'opérateur à l'insertion en dehors du site sternal chez l'adulte. Leur petite taille rend leur fixation particulièrement efficace.

Dans une étude publiée en 2000, le FAST-1® reçoit la meilleure note parmi d'autres dispositifs évalués par les « Medics » des Forces Spéciales US, mais uniquement du fait de son ergonomie, sa large poignée facilitant son insertion avec des gants de combat [57] . Depuis 2006, plusieurs publications démontrent l'intérêt de la PIO au combat [78-79] , essentiellement avec le FAST-1® mais également avec le BIG® qui apparaît pour certains plus facile à utiliser et à enlever [78] .

Deux dispositifs sont utilisables rapidement sans effort particulier de l'opérateur: le BIG® avec son système à ressort et l'EZ-IO® avec sa perceuse électrique. Le BIG® est moins onéreux mais nécessite l'immobilité du patient. En effet, le déplacement intempestif du membre au moment de l'appui du dispositif dégoupillé peut entraîner une mauvaise pénétration de l'aiguille, sa projection à distance ou même la blessure de l'opérateur. La perceuse semble plus maniable dans ce contexte [79-80] .

Une solution homogène et complémentaire consisterait en situation tactique à doter les personnels de l'avant d'aiguilles EZ-IO® avec la poignée ergonomique. Celle-ci est facilement transportable dans les trousses individuelles ou le dans le sac d'intervention. Quant au véhicule sanitaire et au poste de secours avancé, ils pourront être équipés de ces mêmes aiguilles et de la perceuse.

La dotation actuelle dans l'armée française répond donc à deux besoins: d'une part le trocart de Mallarmé constitue un matériel léger destiné à l'abord sternal, d'autre part le BIG® assure un abord intra-osseux rapide en tibial ou en huméral avec un conditionnement plus encombrant. Les retours d'expérience du théâtre afghan permettront de faire évoluer ces dispositifs et leur doctrine d'emploi.

V. Les différents points de ponction

1) La voie sternale (Koschel, Morozov)

Ce site d'insertion était le premier utilisé dans les années 1940-1950, mais a été très vite délaissé en raison des nombreuses complications qu'il existait alors : médiastinite, hydrothorax, plaies cardiaques ou des gros vaisseaux [53, 81] . Le site sternal reste malgré tout un site de perfusion de prédilection chez le blessé de guerre, car il est protégé des plaies, des brûlures et des fractures par le gilet pare-balles. En effet, le DIO doit être inséré de manière préférentielle en zone de peau saine et sur des membres non fracturés.

Les dispositifs intra-osseux utilisés exclusivement en sternal sont: le FAST-1® et l'EZ-IO® sternal needle set. Le trocart de Mallarmé ainsi que le trocart de Jamshidi peuvent également être utilisés en ce site.

Le dispositif intra-osseux doit être inséré au niveau du 1/3 proximal du sternum en prenant comme repère l'angle de Louis. Il doit être disposé au niveau de l'axe central à une distance de un centimètre et demi du creux sus-sternal. Il existe un patch autocollant permettant une prise des repères faciles et précises laissant un orifice à l'endroit exact où doit être inséré le DIO [82].



Figure 29 : Protocole d'utilisation du FAST-1®.

Les avantages de la voie sternale chez l'adulte sont multiples. Le manubrium sternal est large, plat et de repérage facile, même chez les utilisateurs peu entraînés. Le sternum contient une grande proportion de moelle rouge [3] . L'épaisseur corticale chez l'adulte à ce niveau se situe entre 1,5 et 2,5 mm recouvrant une cavité homogène de 6 à 11 mm de profondeur [83-84] . Le site est peu exposé aux blessures de guerre, les fractures des membres constituant une contre-indication absolue à la pose d'un DIO, alors que la fracture tibiale est assez commune [42] . Par ailleurs, c'est la voie qui fournit le plus court délai d'action des médicaments, comparable à une délivrance par voie veineuse centrale [42, 83] . Cette voie est contre-indiquée chez l'enfant et peut rendre inconfortable les techniques de réanimation cardio-pulmonaire.

2) La voie tibiale proximale

Cette voie est manifestement la plus classique autant chez l'enfant que chez l'adulte [22, 64, 85] .

Les dispositifs pouvant être utilisés sur ce site sont nombreux, le trocart de Mallarmé, de Jamshidi tout comme les aiguilles de Cook®. Le BIG®, la poignée EZ-IO®, l'EZ-IO® manuel et la perceuse sont également conçus pour une insertion tibiale.

Le site est plat, facilement accessible, la corticale osseuse est fine et les tissus sous-cutanés sont fins, les repères osseux sont aisément pris et la iatrogénie est limitée, compte tenu du fait qu'aucun paquet vasculo-nerveux n'est présent en ce site. A partir de 5 ans, la moelle hématopoïétique, dite rouge, est remplacée progressivement par de la moelle graisseuse, dite jaune, moins vascularisée [42] .

Avant l'âge de 3 ans, l'insertion s'effectue à 2 cm en dedans de la tubérosité tibiale antérieure à distance du cartilage de conjugaison avec un angle de 10° centrifuge à ce dernier, avec le cas échéant, le biseau incliné vers le pied. Le risque de lésion du cartilage de croissance est, à l'heure actuelle, purement théorique, aucun cas n'ayant encore été rapporté dans la littérature. Pour ne pas transpercer la corticale de part en part, une garde de 1 cm peut être garantie par un travers de doigt.

Il faut tout d'abord prendre ses repères osseux, la jambe en position demi-fléchie et palper la tubérosité tibiale antérieure située à l'extrémité inférieure de la patella, plus communément appelée rotule. Le site d'injection idéal se trouve deux centimètres en dedans de la tubérosité tibiale antérieure, soit approximativement un à deux travers de doigt. La pression appliquée pour la ponction est facilitée par une contre-pression appliquée par la main gauche qui vient empaumer le mollet, la jambe étant maintenue légèrement fléchie.

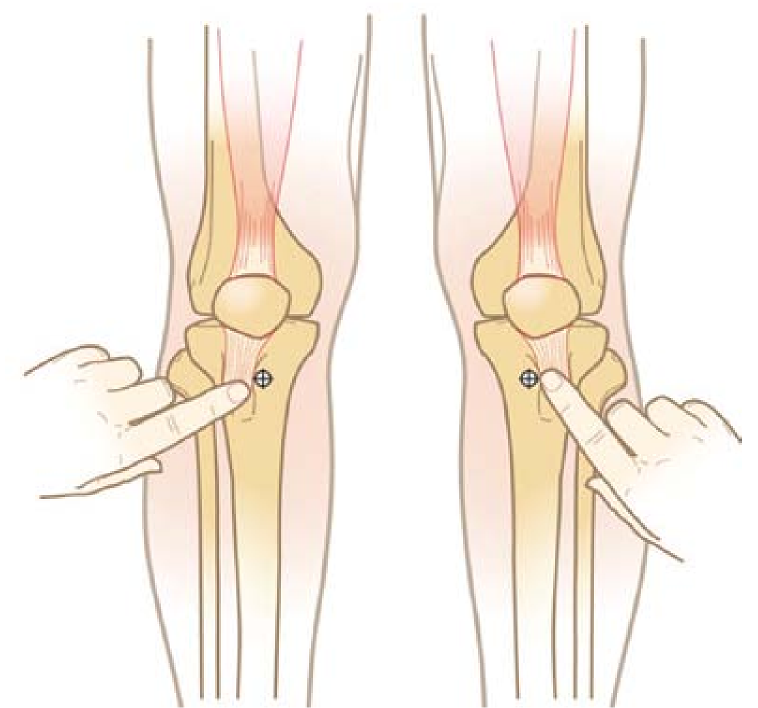


Figure 30 : Repérage de la tubérosité antérieure et insertion 2 cm en dedans.

Par la suite, la jambe perfusée du patient doit être surélevée, notamment par la mise en place d'un coussin mou en dessous du genou.

Cette voie est classiquement choisie en première intention compte tenu de son accessibilité par des reliefs osseux facilement palpables, de sa structure large et plate permettant un appui stable et de l'absence de paquet vasculo-nerveux en cette région. La paroi corticale est relativement fine, même chez l'adulte et les manœuvres cardio-respiratoires peuvent être exécutées simultanément.

3) La voie tibiale distale

La voie tibiale distale est une alternative acceptable, notamment chez les enfants de plus de 3 ans et les adultes, car la corticale est plus fine sur ce site. Pour ne pas léser la veine saphène, le point d'injection doit être effectué un à deux centimètres au dessus de la malléole interne, au niveau du plat de la diaphyse, l'insertion du trocart est perpendiculaire à l'os [32, 86-87] .

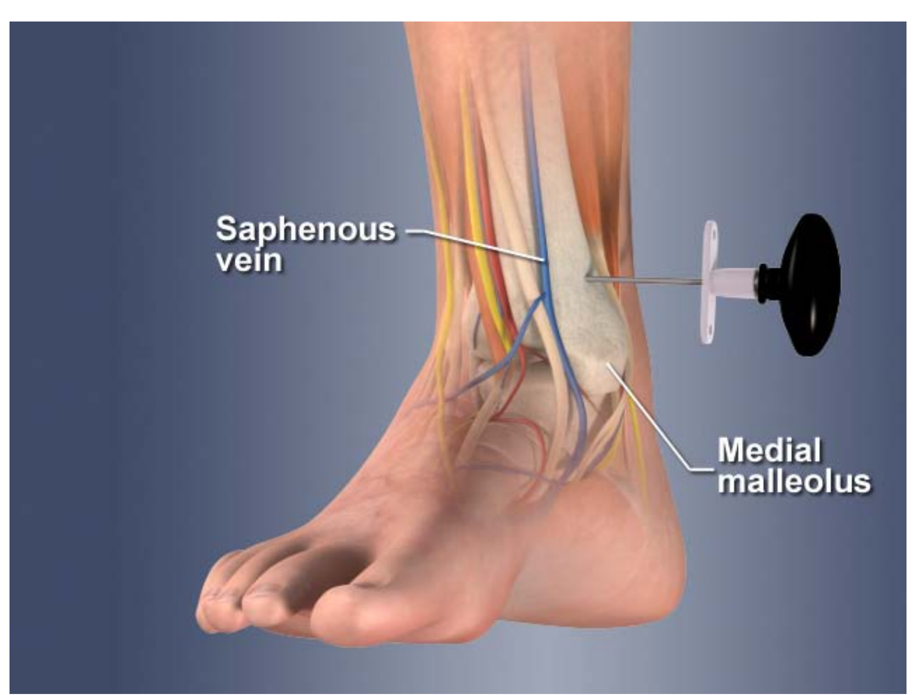


Figure 31 : Site d'insertion tibial distal.

4) La voie humérale

La voie osseuse humérale est de connaissance plus récente mais elle constitue une voie d'abord intéressante lorsqu'on se trouve à la tête du patient. L'avant-bras doit être cependant en position d'adduction, rotation interne sur l'abdomen [88].

Le point de ponction se situe au niveau de la face antérieure de la grosse tubérosité, deux travers de doigt en dessous du milieu de la ligne passant par l'acromion et la coracoïde, légèrement en avant de la ligne médiane en prenant garde à ne pas léser le tendon bicipital.

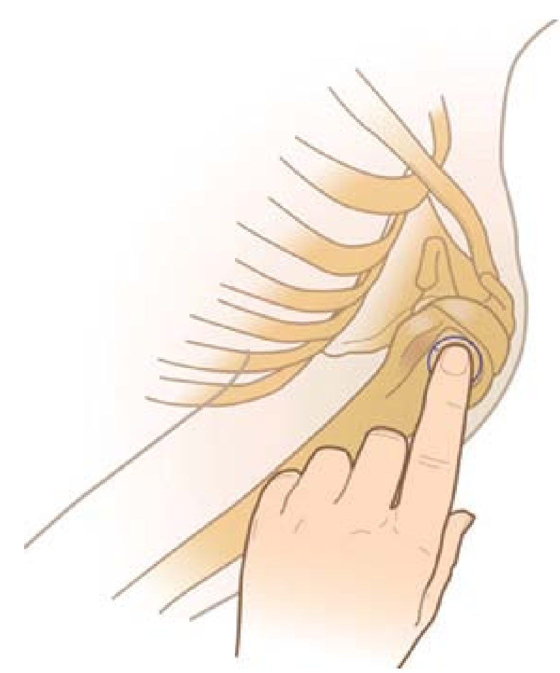


Figure 32 : Site d'insertion huméral.

Ce site est moins apprécié des équipes lors de l'apprentissage, car les repères osseux sont plus difficiles à trouver qu'en tibial proximal. Souvent une deuxième personne est nécessaire pour maintenir le bras pendant l'insertion [89]. Malgré tout, le débit de perfusion est identique voire meilleur que celui mesuré en tibial proximal.

5) La voie iliaque

Au niveau iliaque, la moelle a une structure complexe et présente une prédominance de moelle jaune chez 22% des cadavres étudiés [83] . La cavité médullaire est large mais la corticale à ce niveau est épaisse (2,8 mm à 6 mm) et il existe une grande variabilité interindividuelle de l'épaisseur des tissus sous-cutanés [3].

Des expérimentations ont été faites en 1985 sur des patients en état végétatif. Une transfusion sanguine massive a été réalisée par voie intra-osseuse en iliaque avec un trocart de Liévain. La transfusion s'est révélée efficace et la perfusion de Plasmion® a permis de résoudre l'état de collapsus vasculaire mais aucune donnée biologique n'a été recueillie par la suite [90].

En cas d'incarcération, cette voie d'abord peut alors également être envisagée [87].

6) La voie radiale et calcanéenne

En 2003, Mac Carthy a démontré sur deux cadavres qu'une cavité médullaire n'est pas forcément requise. En effet il a inséré des dispositifs intra-osseux en 8 sites, 4 sur la styloïde radiale et quatre en calcanéen et a observé une diffusion du vert de méthyle dans 5 des 8 sites soit 62% des essais, montrant qu'il est possible d'utiliser un os dépourvu de cavité médullaire pour implanter un dispositif intra-osseux [55] .

Un cas de perfusion calcanéenne a été rapporté [56] . Clem a reproduit cette étude en 2004, mais uniquement pour le calcanéum. Il a injecté avec un trocart de 16 G, 10 mL de vert de méthyle à une concentration de 10 mg/mL. Des photographies ont été réalisées pendant et dans la première minute suivant l'injection. Cette expérience a permis de visualiser une diffusion dans la veine saphène superficielle, la malléolaire médiale et le réseau dorsal pour 70% des cas (soit 14 sur 20) et deux ont eu un délai de perfusion retardée. Dans un seul cas, il n'a été observé aucune perfusion et dans un autre c'est le cathéter qui n'a pas été posé correctement [91] .

7) Les autres voies

La voie fémorale est décrite dans la littérature mais aucun article ne cite son utilisation pratique. Les reliefs osseux sont difficilement repérables sous la masse musculaire quadricipitale et le risque de lésion des tissus est élevé. L’insertion serait théoriquement distale à environ 2 cm du condyle externe dans un plan sagittal [92] .

Certains sont allés jusqu’à décrire une insertion au dessus de la malléole péronière [32, 87], ou encore sur la clavicule.

VI. Les prélèvements sanguins par voie intra-osseuse

Correctement mis en place, le dispositif intra-osseux peut aussi permettre la réalisation de prélèvements sanguins, que ce soit un groupage sanguin, une numération formule sanguine, l'hémostase, un ionogramme ou des hémocultures [93-94] . Les différentes études menées par Kissoon ont montré des similitudes entre les prélèvements de gaz du sang effectués entre le DIO et l'artère pulmonaire et carotidienne.

Orlowski a retrouvé également des similitudes dans le dosage de l'hémoglobinémie, la calcémie et la glycémie [38, 93-94].

Hurren a effectué des prélèvements comparatifs chez l'enfant. Il retrouve des similitudes de dosage de l'hémoglobine, de l'hématocrite, de la natrémie, la créatininémie et du calcium. Cependant les résultats de la kaliémie et de la glycémie sont à interpréter avec plus de précaution [95].

Johnson a renouvelé l'expérience en comparant des prélèvements de voie veineuse centrale et de voie intra-osseuse avant un arrêt cardiaque, durant les manœuvres de réanimation cardio-pulmonaire et après administration de solutés. Les résultats biochimiques (natrémie, kaliémie, calcémie et lactatémie) et hématologiques sont sensiblement similaires avant toute administration de solutés par contre, une fois les solutés administrés et après trente minutes de réanimation cardio-pulmonaire, les prélèvements sanguins intra-osseux ne correspondent plus à ceux effectués en voie veineuse centrale [96].

Ummenhofer a fait des prélèvements comparatifs chez 30 enfants qui ont montré une bonne corrélation pour ce qui est du dosage de l'hémoglobine, de l'hématocrite, du pH, des différents ions, de l'urée et de la créatinine mais pas pour les plaquettes, les leucocytes, la pO2 et la pCO2 [97].

Brickman a montré qu'il était possible de réaliser un groupage sanguin par prélèvement de sang médullaire [98].

En 2009, Miller confirme ces données et effectue des prélèvements sanguins en veineux et sur un dispositif intra-osseux, après 2mL d'aspiration et après 6 mL d'aspiration de moelle osseuse. Les résultats ont montré des similarités (avec une marge de 5% d'erreur) dans

les deux premiers groupes pour les globules rouges, l'hématocrite, l'hémoglobine, la glycémie, la natrémie, les ions chlorures, la protéinémie et l'albuminémie. En revanche, le taux de plaquettes, le nombre de globules blancs ne sont pas assez similaires pour être interprétables [99] .

Les résultats sanguins des échantillons prélevés en intra-osseux sont donc à considérer avec réserve mais peuvent se révéler utiles dans des situations critiques où aucun autre échantillon n'a pu être prélevé.

VII. Indications

1) Liées au patient

La première indication décrite en 1922 par Drinker était l’indication transfusionnelle.

Dans les textes, l’indication d’utiliser un dispositif intra-osseux est la nécessité immédiate d’un abord vasculaire après échec des techniques traditionnelles de cathétérisation dans les 90 à 120 premières secondes [87, 100].

L’American Heart Association recommande la pose d’un cathéter intra-osseux chez les enfants de moins de six ans, nécessitant une voie d’abord vasculaire, après deux échecs de voie veineuse périphérique ou si plus de deux minutes se sont écoulées depuis la première tentative [100]. Ces recommandations ont évoluées en 2000 pour être appliquées aux plus de 6 ans [101].

Les protocoles de l’ « Advanced Trauma Life Support » recommandent même l’implantation du DIO avant la pose d’une voie veineuse centrale [100, 102] .

Dans les états de choc, le DIO trouve son utilité de par sa rapidité de pose et son débit qui permettent un remplissage vasculaire rapide ou encore une transfusion.

L’indication doit donc être posée après deux échecs de pose de voie veineuse périphérique [82], avec une nécessité d'administration des drogues dans des délais brefs ce qui correspond le plus souvent à un arrêt cardio-respiratoire, un choc hypovolémique ou hémorragique, un score de Glasgow inférieur à 8, un état de mal épileptique ou encore une intoxication médicamenteuse volontaire [103]. Il peut être également utilisé en présence de brûlures étendues avec ou sans déshydratation et chez le polytraumatisé [5, 53, 104-106] .

Son utilisation la plus fréquente est dans l'arrêt cardio-respiratoire. En 1993, Glaeser publie une étude rétrospective sur 5 ans. Sur 152 patients, 121 étaient en asystolie et seulement 8 étaient en rythme sinusal [63]. L'étude publiée en 2008 par Dagan Schwartz, a été menée sur 4 ans. Elle montre une répartition des différentes situations d'urgence ayant nécessité la pose d'un dispositif intra-osseux. Sur 189 patients, 90% avait un score de

Glasgow inférieur à 8, 21% avait une respiration spontanée et sur les 79% restant, moins de 8% avait un pouls palpable [68].

En utilisation militaire, le traumatisé grave par explosion constitue actuellement la grande majorité des blessés de guerre et présente très fréquemment des lésions délabrantes au niveau des membres. La voie sternale, protégée par les équipements peut alors constituer une voie d'abord vasculaire privilégiée [42].

Le brûlé grave, en grande détresse vitale, peut bénéficier d'une voie d'abord intra-osseuse idéalement en zone non brûlée, en attendant une mise en place secondaire d'une voie profonde. Dans la littérature, un cas fait tout de même état d'un patient ayant bénéficié d'une voie intra-osseuse insérée en zone brûlée [3].

Les indications de perfusion intra-osseuse sont souvent décrites en milieu pré-hospitalier mais il existe de nombreux cas, dans les services d'urgence, de réanimation ou encore en salle de réveil postopératoire, au cours desquels les patients nécessitent une seconde voie d'abord. En attendant la possibilité de poser une voie veineuse centrale ou pour éviter un geste invasif et iatrogène, le dispositif intra-osseux peut être considéré comme une alternative rapide et efficace [107].

En anesthésie, il est possible d'effectuer une induction à séquence rapide par voie intra-osseuse. En anesthésie pédiatrique, en cas de laryngospasme à l'induction, l'administration de succinylcholine par voie intra osseuse est plus rapide que par voie intra musculaire ou sublinguale en l'absence de voie veineuse périphérique [108].

2) Liées à l'environnement

La voie intra-osseuse peut également être envisagée dans des situations inhabituelles où l'environnement n'est pas propice à une simple voie veineuse périphérique. Ces situations peuvent être diverses: le risque Nucléaire, Radiologique, Biologique et Chimique (NRBC), les secours en milieu périlleux, l'utilisation militaire et notamment l'utilisation en temps de guerre.

a. Contexte NRBC

Dans un contexte de contamination nucléaire, radiologique, biologique et chimique (NRBC), les vêtements de protection, le masque limitant l'étendue du champ visuel, le filtre aérien, limitant les mouvements de rotation de la tête et en particulier le port de gants peuvent rendre la pose d'une voie veineuse périphérique difficile [25]. Des gants en butyle d'épaisseur 6/10° et de taille adaptée à la morphologie du personnel soignant peuvent être utilisés avec un minimum d'entraînement. En 2003, Ben Abraham compare le temps de pose du BIG® avec et sans tenue NRBC, les résultats montrent que le temps de pose est de 32 secondes avec tenue NRBC et de 22 secondes sans tenue NRBC ($p<0,05$), soit une augmentation de près de 50% avec un dispositif intra-osseux. Une étude réalisée en 2004 par Fuilla, chez trente médecins urgentistes, montre que le port de la tenue NRBC augmentait de 20% le temps de pose de voie veineuse (80 secondes au lieu de 68 secondes sans la tenue NBC).

Simultanément, une étude a été faite lors d'une simulation d'attaque chimique en Israël. Sur 94 médecins urgentistes, équipés de la tenue complète NRBC, 64 ont utilisés des DIO et 30 une voie veineuse périphérique standard. Les victimes étaient graves et nécessitaient un abord vasculaire dans des délais brefs. Le taux de survie a été évalué à 73% avec le DIO contre 3,3% avec le groupe contrôle ($p<0,001$), le temps d'administration thérapeutique est de 3 min 30 avec le DIO et de plus de 10 min avec le groupe contrôle ($p<0,001$) et le taux de complication était de 13,8%. Tous les personnels ont été unanimes quant au choix d'utilisation du dispositif intra-osseux lors d'une menace chimique et un afflux massifs de blessés [109].

En 2010, une étude française menée par Lionel Lamhaut et al. s'intéresse aux délais de perfusion avec et sans combinaison NRBC. Neuf infirmiers et 16 médecins urgentistes, non formés préalablement au DIO, ont appris à effectuer sur des mannequins une technique de perfusion, randomisée parmi quatre méthodes, soit en intraveineux, soit en intra-osseux, avec le port ou non de la combinaison NRBC (Nucléaire, Radiologique, Biologique et Chimique). Cette étude montre que, quelle que soit le port de la combinaison NRBC ou non, le temps d'une pose de voie veineuse périphérique est plus long que celui d'un dispositif intra-osseux [110].

b. Secours en milieu périlleux

Certaines situations ne permettent pas des conditions de prise en charge optimales, comme une luminosité insuffisante ou encore la présence d'une victime incarcérée, le repérage veineux devient alors difficile et le dispositif intra-osseux peut se présenter comme une alternative.

L'aiguille de Cook® est disponible à la Brigade des Sapeurs-pompiers de Paris (BSPP) depuis 1996. Elle a également été utilisée dans le cadre de la réanimation d'enfants déshydratés au centre hospitalier des armées Bouffard de Djibouti [111].

Lors de secours en montagne, le dispositif intra-osseux peut facilement être utilisé avec des gants de protection contre le froid, ce qui serait impossible pour l'exécution d'autres gestes plus précis. Depuis 2006, l'équipe médicale héliportée néerlandaise utilise le BIG® comme voie d'abord vasculaire en cas d'accès veineux difficile. De février 2006 à juin 2007, sur 780 patients, 40 ont bénéficié de la pose d'un BIG® dont 21 étaient en arrêt cardio-respiratoire. Pour 29 patients soit 73%, un accès vasculaire a été obtenu par le DIO sans autre complication par la suite [112].

Un article a rapporté la possibilité d'induire une hypothermie par voie intra-osseuse avec des sérums salés conservés à 4°, lors d'un héliportage [113].

Vojtko rapporte le cas d'un homme de 24 ans, brûlé au troisième degré sur 54% de la surface corporelle, chez qui aucune voie veineuse périphérique n'était possible. Une voie veineuse centrale fémorale a été posée avec une aiguille de 14 G, permettant l'induction de l'anesthésie. Mais après l'intubation, le patient a commencé à s'agiter, requérant une deuxième voie d'abord. Un premier dispositif intra-osseux a été inséré en tibio-malléolaire mais a échoué, un deuxième a été inséré de manière controlatérale et a permis un entretien de l'anesthésie. Le patient a bénéficié d'un héliportage en Bell 412, au milieu d'une tempête, le dispositif intra-osseux s'est désinséré. Vu la configuration de l'hélicoptère, aucune autre alternative n'était possible que l'insertion d'un dispositif intra-sternal, qui a permis de retrouver un abord vasculaire en moins de deux minutes avec un débit de 75 mL/min. Trois semaines après, aucune infection incriminant le dispositif intra-sternal n'a été établie [114]. Ce cas particulier permet de reconsidérer les différentes indications et surtout les précautions d'emploi du dispositif intra-osseux.

c. Utilisation militaire

La première cause de mortalité au combat est l'hémorragie, ainsi les solutés de remplissage ont une grande importance au niveau de la prise en charge des blessés qui ne doit cependant pas compromettre la situation tactique, ce qui inclut en pratique, un conditionnement si possible rapide du blessé avant une évacuation terrestre ou héliportée, pour une durée difficile à estimer au préalable. Il faut bien comprendre, pour des raisons pratiques, que les solutés se doivent d'être le plus efficace possible tout en restant le plus compact et le plus facile à transporter. C'est pourquoi, un intérêt tout particulier est porté au sérum salé hypertonique associé à de l’hydroxethyl amidon encore appelé HyperHes®, qui occupe près d'un dixième du volume de cristalloïdes standards pour le même effet thérapeutique [115]. Toutes les études effectuées à ce jour s'accordent à dire que l'efficacité du sérum salé hypertonique en fait un soluté de choix, devant les cristalloïdes et le Ringer-Lactate® [46] dans la prise en charge du choc hémorragique [39, 42, 46].

Il est important de souligner que, dans le contexte militaire, le premier intervenant direct sur le blessé qui met en place une perfusion est un soldat, formé au secourisme au combat ou un brancardier-secouriste.

Dans une étude publiée en 2000, le FAST-1® reçoit la meilleure note parmi d'autres dispositifs évalués par les “Medics” des forces spéciales américaines, de par son ergonomie, sa large poignée facilitant l'insertion avec des gants de combat [57]. La voie intra-osseuse apparaît dans les recommandations pour la prise en charge du blessé de guerre en ambiance tactique de l'armée américaine en 1996 (Tactical Combat Casualty Care), et mises à jour en 2003 [116-117]. Ces recommandations figurent dans les éditions du manuel du Pre-Hospital Trauma Life support (PHTLS) depuis 1999. Le FAST-1® persiste à paraître le dispositif le plus adapté aux situations de combat selon Mac Swain[116, 118] .

Jarvis confirme l'intérêt du FAST-1® mais aussi du BIG® dans la prise en charge du blessé de guerre [79]. D'autres études jugent le BIG® plus facile à manier autant à l'insertion qu'au retrait [78].

Le dispositif intra-osseux est introduit pour la première fois au catalogue des approvisionnements de service courant et des formations sanitaires de campagne du Service de Santé des Armées en 2007. Malheureusement, le dispositif proposé en 2005 et finalement

retenu est le t-PS®, type Mallarmé en plastique dont l'aiguille s'est finalement révélée trop fragile pour être utilisée ailleurs qu'en sternal chez l'adulte [77]. Depuis l'été 2008, le dispositif BIG® et l'EZ-IO® sont disponibles au sein des matériels mis à la disposition des militaires français à partir de la section de ravitaillement sanitaire, en Afghanistan.

Un article publié en 2008, rapporte l'utilisation de l'EZ-IO® en Afghanistan par l'armée anglaise. En effet, les blasts et les polytraumatismes des blessés de guerre entraînent souvent des chocs hémorragiques. Trente-deux dispositifs ont été insérés sur 26 patients dont 10 enfants. Trois d'entre eux ont permis une évacuation sanitaire héliportée. Le taux de réussite de perfusion a été de 97%. Les dispositifs intra-osseux ont permis l'administration de cristalloïdes, d'antalgiques, d'antibiotiques, de culots globulaires et de plasma frais congelé. Deux voies ont permis l'induction d'une anesthésie à séquence rapide et son entretien. Aucune complication n'a été relevée, trois patients ont souffert plus des produits perfusés que de leurs blessures [119].

4) Indication thérapeutique

A ce jour, il n'y a aucune contre-indication formelle concernant l'usage de certains produits pharmaceutiques ou solutés. De nombreuses substances ont été administrées (anesthésiques, antibiotiques, antiépileptiques, antiarythmiques...) ainsi que les solutés les plus couramment utilisés, avec une efficacité thérapeutique prouvée. Certaines substances comme le bicarbonate de sodium entraînent des modifications de type histologique sans corrélation clinique incriminant directement et seulement le DIO. Les cas de nécrose observés à ce jour, sont aisément expliqués par l'administration prolongée à des posologies élevées de substances hypertoniques qui sont d'ailleurs déconseillées en voie veineuse périphérique.

La plupart des produits peuvent être administrés : dérivés sanguins, antalgiques, antibiotiques, solutés, epinephrine, atropine, diazépam, naloxone [63].

Une perfusion continue d'adrénaline a été réalisée par voie intra-osseuse dans le service de réanimation de l'Hôpital d'Instruction des Armées Legouest à Metz. Devant un faible capital veineux et un échec de pose de voie centrale fémorale, un dispositif intra-osseux de type Jamshidi a été mis en place en prétibial. Une administration continue d'adrénaline au

pousse seringue électrique a été réalisée à un débit de 3,25mg/h. La perfusion a duré quatre heures et a été relayée par un abord cave supérieur. Aucune lésion de membre n'a été cliniquement observée dans les suites [120].

Une induction anesthésique à séquence rapide a été réalisée chez un polytraumatisé de 34 ans, accompagnée d'un remplissage vasculaire par cristalloïdes qui a permis la pose différée d'une voie centrale au bloc opératoire [103].

L'alimentation parentérale n'est pas une urgence thérapeutique. Etant donné que le DIO doit être retiré dans les 24 premières heures, dès qu'un autre abord vasculaire a été mis en place, il n'y a pas d'indication à administrer une alimentation parentérale par voie intra-osseuse [121].

Mader rapporte en 2009, une étude de l'utilisation de la perfusion intra-osseuse afin d'induire une hypothermie dans les suites d'une réanimation cardio-pulmonaire. La perfusion a été réalisée chez des porcins ayant subi une réanimation après 10 minutes de fibrillation ventriculaire. Une fois les sujets réanimés, une hypothermie a été induite avec un litre de sérum salé réfrigéré à 4,5° Celsius, par une voie veineuse centrale (n=6), une voie veineuse périphérique (n=7) et une voie intra-osseuse (n=8). Les résultats sont comparables dans tous les groupes avec une baisse de température corporelle 3,1°C +/- 0,4 [122].

Des réserves sont émises à propos de l'HyperHes®, composé hyperosmolaire, avec lequel a été évoqué un risque potentiel d'ostéonécrose selon les conditions d'utilisation [64, 66, 123] . Aucun cas n'a été décrit chez l'homme, lors d'une utilisation unique et non prolongée conformément aux précautions d'emploi.

L'American Heart Association a publié en 2000 des recommandations concernant la posologie des drogues à administrer en intra-veineux et en intra-osseux [124] répertoriée en annexe.

VIII.Contre-indications

La seule contre-indication absolue universellement acceptée est la fracture de l'os supposé accueillir le dispositif intra-osseux, du fait de la nécessité de la continuité de la cavité médullaire [125]. Toute fracture en amont de la perfusion expose le patient à un risque d'extravasation et de non efficacité de la perfusion.

Il existe des contre-indications relatives à l'utilisation d'un dispositif intra-osseuse. En effet, les troubles de l'ostéosynthèse [81] ne permettent pas une insertion et une fixation correcte du dispositif. Un rapport a été fait par Tim Nutbeam notifiant un cas de triple échec de pose de dispositif intra-osseux par EZ-IO® en tibial (proximal bilatéral et distal), chez un patient souffrant de troubles de l'ostéogénèse de type III, par déficit qualitatif de collagène [126]. La présence de cellulite au niveau du site d'ancrage [125] ou d'un œdème important [88] empêchera l'aiguille de pénétrer dans la cavité médullaire et la perfusion sera ainsi inefficace.

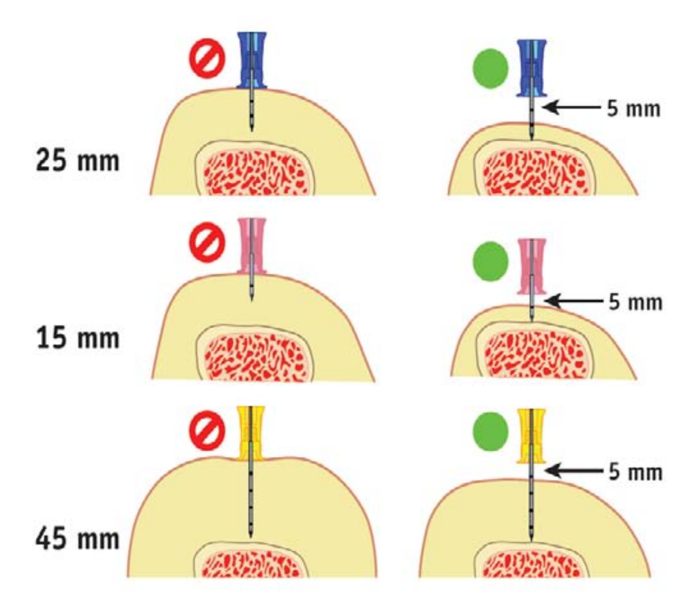


Figure 33 : Repérage de la corticale osseuse par le marquage des aiguilles EZ-IO®.

Une blessure de la veine cave inférieure [125] ou un traumatisme abdominal majeur peut empêcher le retour veineux qui ralentira le débit de perfusion et donc son efficacité [127].

Une peau infectée ou brûlée [27, 53, 74] sera favorable à une infection. Une malformation ou une tumeur connue sont également des sites à éviter. Ces contre-indications sont relatives et sont à confronter à l'indication et au degré d'urgence de la situation. L'équilibre entre les bénéfices potentiels et les risques réels doivent être constamment évalués. Un cas de perfusion en zone brûlée a été rapporté. En effet, le patient était sévèrement brûlé, une perfusion intra-osseuse en sternal a été mise en place, permettant l'administration de thérapeutique pendant la réanimation cardio-pulmonaire [128].

Lorsqu'un précédent point d'ancrage a eu lieu sur le même site dans les dernières 24 heures, il ne faut pas perfuser le même membre sauf si l'entrée se refait par le même point, car il existe un risque accru d'extravasation [88] et un retard à la perfusion des drogues et solutés [129]. Dans le cas où la mise en place du dispositif intra-osseux a échoué ou a été retiré d’un site, il est impératif de changer de site pour l’essai suivant. Des essais successifs sur le même site entraînent une diffusion de la perfusion dans les tissus mous périphériques. Par contre, dans le cas où l’aiguille est arrachée, une nouvelle aiguille stérile pourrait être remise en place par le même point d’injection [86].

Chez les grands obèses, il faut choisir un point de ponction tibial plutôt que sternal ou huméral, même si les repères osseux n'en restent pas moins difficiles à palper [88].

Les contre-indications spécifiques à la voie sternale sont la petite taille du patient avec une épaisseur corticale de moins de 6,5 mm, c'est à dire en pratique, chez les patients âgés, de moins de 12 ans ou ayant subi une sternotomie [3]. Ils devront être utilisés avec précaution chez les patients souffrant d’ostéoporose [82] car il existe un risque de médiastinite, de pneumothorax, des lésions des gros vaisseaux [81].

IX. Complications

Pendant longtemps, la seule référence disponible concernant l'incidence des complications était celle décrite par Rosetti en 1984. Elle était de moins d'un pour cent au total dont moins de 0,6% de nature infectieuse [34] . Des études récentes nous ont permis d'actualiser ces données.

En 2005, Davidoff réalise une étude sur 250 personnes, en utilisant l'EZ-IO®. Il retrouve au total moins de 4% de complication soit 1% de cathéter arraché, 1% de perfusion sans débit obtenu, et 1,5% de dysfonctionnement de la perceuse notamment par une batterie défectueuse [130].

Il existe ainsi deux types de complications:

1) Complications mineures courantes

La complication la plus courante est l'extravasation sous-cutanée [74]. Son occurrence est due le plus souvent à une malposition du trocart. L'apparition d'œdème voire d'ecchymose doit faire retirer le DIO immédiatement, surélever le membre, surveiller la température, l'évolution locale et la perception des pouls distaux. L'utilisation d'une poche à pression n'a pas mis en évidence d'augmentation du risque d'extravasation [127].

Dans le cas, où cette conduite à tenir ne serait pas scrupuleusement suivie, l'extravasation pourrait entraîner une cellulite (0,7% ou abcès 84) ou un syndrome des loges [64, 131-132].

Ainsi afin de prévenir de tels risques, il faut régulièrement vérifier que la perfusion est en place, que le débit est adapté et qu'il n'existe pas d'infiltration des tissus périphériques. Si tel était le cas, la perfusion devrait être retirée immédiatement. Dans l'étude menée par Glaeser, sur 152 patients, 14 ont présenté une infiltration des tissus sous-cutanés (12%) sans incidence clinique relevée [63].

2) Complications majeures rares

Les complications majeures sont rares mais ne sont pas négligeables, il s'agit de l'ostéomyélite, de l'embolie graisseuse, de la fracture, du syndrome des loges et de l'ostéonécrose.

a- L'ostéomyélite

Le risque majeur lors d'une perfusion intra-osseuse est l’ostéomyélite et par conséquent le retard de croissance chez l'enfant. [85, 133-134]. Ce risque est évalué à 1% par l’étude de Heinild et Al. [121] portant sur 982 VIO et à 0.6% par la méta-analyse de Rosetti et Al. [27] portant sur 4 000 DIO.

Les trois mesures de prévention à respecter sont : une asepsie rigoureuse, l'utilisation d'un matériel stérile et le retrait du DIO dans les premières vingt-quatre heures [135-137] , c'est-à-dire dès la reprise d’une volémie suffisante permettant la pose d’une voie d’abord veineuse périphérique ou centrale, une fois le contexte d’urgence vitale passé [28, 81, 134] .

Certains ont évoqué le risque d’arrêt de la croissance osseuse mais les études ont montré que ce risque est inexistant si les précautions d'emploi sont respectées [133, 138-140]. Heinild et Al. ont mené une étude sur 495 patients et ont suivi radiologiquement 72 enfants divisés en deux groupes. Le premier groupe, les 36 enfants ont été revus un an après l’utilisation du cathéter intra-osseux. Le groupe II était lui-même divisé en deux sous-groupes, les 18 premiers étaient revus entre un et deux ans et les 18 autres ont été revus à plus de deux de l’évènement initial. Dans le groupe I, dans un seul cas on a pu observer une persistance de la visualisation du point de ponction et un cas de sclérose proximale métaphysaire et des appositions périostées secondairement à un hématome ont été observés chez un enfant qui avait subi, 4 transfusions en sept semaines par huit accès intra-osseux tibiaux. Dans le groupe II, aucun écart de croissance entre les deux tibiaux n’a été constaté. On observe uniquement une persistance du point de ponction à 3 semaines [121]. D’autres études pédiatriques et animales menées par Fiser et Al. confirmaient ces résultats[139].

b- L'embolie graisseuse

Il existe également un risque théorique d'embole lipidique chez l'adulte, mais aucune incidence clinique n'a encore été démontrée à ce jour [28, 141-143] . Le risque est anecdotique avant l'âge de 6 ans, du fait de la constitution essentiellement sanguine de la moelle osseuse [25, 53] . Les études menées par Orlowski sur trente chiens ont montré qu'il n'existait pas de modification du rapport ventilation/perfusion avec une concentration de microemboles pulmonaires allant de 0.11 à 4.48 emboles/mm2 [28]. Les autres études réalisées avaient les mêmes conclusions [18], notamment l'étude menée par Heinild sur 495 patients soit 1000 perfusions sans aucune manifestation clinique [121]. La seule discussion concerne le potentiel risque d'embole cérébral chez les patients porteurs d'une communication intracardiaque [28].

c- La fracture

Le risque de fracture est également à évoquer, celui-ci est essentiellement dû à une insertion forcée sur un tibia en rotation externe [144]. Il est observé avec des aiguilles de gros calibres chez les nouveau-nés ou les nourrissons [145]. Une ostéoporose sévère majore également le risque de fracture du membre [146] .

d- Le syndrome des loges

Il existe un risque de syndrome des loges si une extravasation a lieu et que le DIO n'est pas retiré rapidement [147]. Un cas notable a été rapporté par Moscati dans les années 90, un enfant de trois mois a fait deux arrêts cardio-pulmonaires dont un deux de 75 minutes, il a été réanimé a reçu 0,1 mL/kg d'Adrénaline diluée au 1/1000ème, 150 mL d'albumine à 5%, 50 mL de bicarbonate de sodium à 1mEq/mL et une perfusion continue de Ringer-Lactate® et de glucosé à 5%. Des résistances à la perfusion sont apparues progressivement nécessitant le retrait du dispositif. De multiples essais de dénudation des veines saphènes et fémorales se sont soldés par un échec. Finalement, la fémorale homolatérale au dispositif a été dénudée et utilisée pour effectuer le remplissage. Dans les premières heures suivant la réanimation

cardio-pulmonaire, une cyanose du membre inférieur est apparue, un syndrome des loges postérieur a été diagnostiqué. La fasciotomie a été sans effet et une amputation trans-tibiale a été réalisée. Le dispositif intra-osseux n'a pas été le seul incriminé dans ce syndrome des loges et son utilisation thérapeutique excessive a induit l'apparition de complications mais en aucun cas elles ne peuvent être attribuées à la seule utilisation du dispositif intra-osseux et ne constituent pas une contre-indication à l'usage de certaines drogues [148]. Une autre étude de 1988, montre l'utilisation possible du bicarbonate de sodium sur le modèle animal sans aucune forme d'anomalie épiphysaire ou de croissance [149].

e- L'ostéonécrose

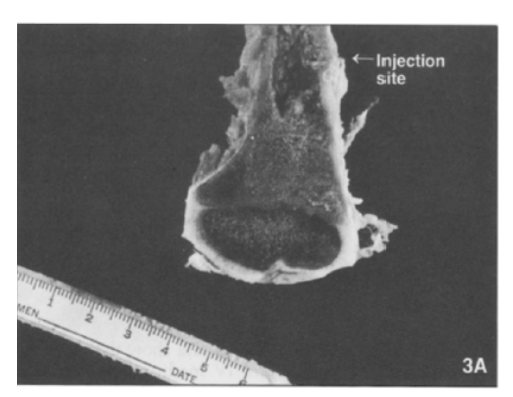
Spivey décrit également en 1987, des modifications tissulaires « mineures » après administration de bicarbonate de sodium sans manifestation clinique lors de l'étude [33].

On retrouve également dans la littérature des modifications histologiques apparues après perfusion intra-osseuse de phénytoine sans conséquence clinique notable chez le porcin [150].

L'utilisation de l'HyperHes® est actuellement la plus controversée [74]. D'anciennes études citent un cas d'ostéonécrose par perfusion de sérum salé hypertonique, posant une contre-indication relative à l'utilisation de ce soluté dans les suites. Les dispositifs intra-osseux étaient alors laissés en place pour des durées d'une à deux semaines alors que les recommandations actuelles n'excèdent pas un délai de vingt-quatre heures.

Brickman en 1996 a tenté de réévaluer les effets à long-terme sur le plan clinique et histologique au niveau osseux et médullaire d'une perfusion intra-osseuse de mannitol hypertonique et de sérum salé isotonique à des vitesses de perfusion rapide et lente pour chacun des deux groupes. Soixante cochons ont été répartis en quatre groupes, la perfusion a été réalisée avec une aiguille de Jamshidi de 15 G. Au total, 8mL/kg de soluté ont été perfusés, soluté de mannitol 25% (1,375 mOsm/L) pour les deux premiers groupes et de sérum salé isotonique à 0,9% (0,308 mOsm/L). La vitesse de perfusion était de 5 minutes pour les groupes 1 et 3 (1,6 mL/kg par minute) et de 20 minutes pour les groupes 2 et 4 (0,4 mL/kg par minute). Les complications morphologiques et histologiques ont été observés à six

mois. Une discrète extravasation a été observée initialement dans le groupe 1 (perfusion hypertonique rapide) sans incidence clinique. Des lésions histologiques initiales ont été observées dans les groupes 1 et 2 (mannitol) sans significativité statistique et sans conséquence clinique a posteriori. En effet, aucune anomalie morphologique ou locomotrice n'a été mise en évidence. Aucun cas d'ostéomyélite n'a été constaté. Aucune complication à long-terme n'a pu être retrouvée pouvant limiter la vitesse de perfusion ou encore contre-indiquer l'administration de bolus [140].



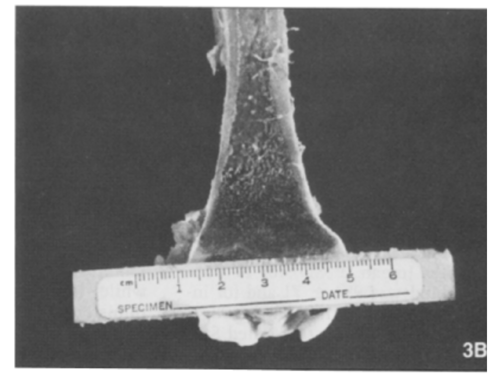
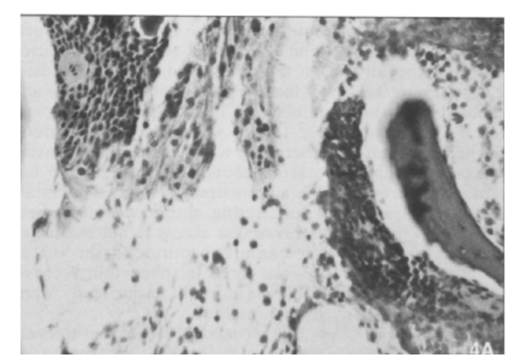


Figure 34 a et b : Tibia de cochon après injection intra-osseuse de phénytoine (à gauche), tibia témoin (à droite).



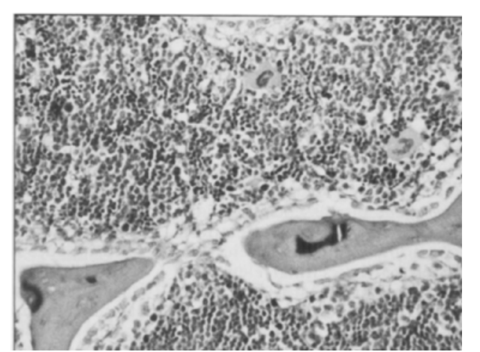


Figure 35 a et b : Coupe microscopique de la moelle osseuse perfusée avec de la phénytoine, montrant une raréfaction des cellules matures (à gauche), témoin (à droite).

Une autre étude réalisée aux Etats-Unis par Sheikh en 1996, a comparé l'utilisation de deux sérums hypertoniques l'un hyposodé appelé Isosal® (2 400 mOsm/L et 3,45% Na) et l'autre hypersodé (2 400 mOsm/L et 7,5% Na) avec du Ringer-Lactate®. Après un bolus de 6

mL/kg, chaque soluté a été administré en quantité suffisante chez des porcins en état de choc hémorragique afin de maintenir un rythme cardiaque pendant deux heures. Les résultats sont significatifs et montrent des besoins six fois moins importants en volume pour les sérums hypertoniques que pour le Ringer Lactate®: 12,7mL/kg pour le sérum salé hypertonique, 12,5 pour l'Isosal® et 75,3vmL/kg pour le Ringer Lactate® (p=0,01). On remarque par la même occasion qu'une hypernatrémie est induite par le sérum salé hypertonique mais pas par l'Isosal® (p=0,001). Aucun cas de nécrose n'a été signalé lors de cette étude [151].

Alam a testé la perfusion de sérum salé hypertonique chez le cochon. Après avoir subi une section du tronc vasculaire iliaque controlatéral au site d'implantation du DIO, la réanimation a été entamée après deux heures d'état de choc selon trois schémas thérapeutiques pour une dose totale de 5mL/kg de sérum salé hypertonique à 7,5%. Le groupe I (n=4) a bénéficié de 10 bolus répartis sur deux heures, le groupe II (n=6) a bénéficié de deux bolus répartis sur deux heures et le groupe III, le groupe contrôle (n=4) a bénéficié d'un volume égal de sérum salé à 0,9% en intra-osseux et d'une supplémentation salée en intra-veineux. Entre les deuxième et cinquième, il a été observé l'apparition d'une nécrose cutanée, musculaire et médullaire du seul membre perfusé soit 100% des cas du groupe I, 66,6% du groupe II et 0% du groupe III, faisant remettre en question l'utilisation du sérum salé hypertonique chez l'homme sans étude préalable [152]. Le seul point contestable de cette étude est la durée prolongée de la perfusion, une étude sur une perfusion de courte durée, soit une seule injection rapide de sérum salé hypertonique aurait permis d'objectiver réellement d'éventuels effets secondaires.

3) Discussion

Une étude a été menée en 2008 pendant 6 mois par le Professeur Rüttimann en antenne chirurgicale en Afrique sur 28 patients dont 20 adultes, avec un suivi des possibles complications à 45 jours. L'indication de pose de DIO était l'échec de pose de voie veineuse périphérique ou la nécessité d'une deuxième voie d'abord vasculaire en cas d’hémorragie per-opératoire chez l'adulte. Les conditions d'asepsie étaient celles utilisées pour une voie veineuse périphérique simple. 38 DIO ont été posés, 18 à la perceuse EZ-IO®, 9 à la poignée EZ-IO®, 4 à l'EZ-IO manuel®, 4 par Jamshidi et 3 par Mallarmé. Les sites de ponction étaient

16 fois en huméral, 12 fois en tibial antérieur, 9 fois en tibial interne et une fois en iliaque. Le taux de réussite de pose est de 100% au deuxième essai. Le suivi à 45 jours n'a révélé aucune complication [76].

Ceci montre qu'une fois les précautions d'emploi respectées, le taux de complications tend à être nul.

X. Les différentes études comparatives

1) DIO vs VVP/VVC

a- Temps d'insertion

La littérature décrit des délais de perfusion pouvant atteindre les vingt-cinq minutes en cas d'abord veineux difficile [3]. En 1984, sur une série de 66 patients pédiatriques en arrêt cardiaque, Rosetti et al. a démontré qu'un personnel entraîné du service des urgences mettait plus de 10 minutes à trouver une voie d'abord veineuse périphérique dans 24% des cas, plus de cinq minutes pour près d'un tiers, et pour 6% d'entre eux, la voie veineuse n'a pas pu être posée [34, 153]. Dès lors, les thérapeutiques d'urgence étaient administrées par voie intra-rectale, sublinguale ou endotrachéale, diminuant nettement leur possibilité d'absorption et de la même manière leur biodisponibilité, sans pour autant rétablir un accès veineux rapidement. La perfusion intracardiaque était également utilisée dans quelques cas, mais entraînait une morbidité significative étant donné les risques iatrogéniques, parmi lesquels on distingue nettement le pneumothorax et l'atteinte des gros vaisseaux [86].

Si l'on considère que la précocité d'administration des drogues est un facteur majeur de réduction de morbi-mortalité, alors on comprend facilement que le temps de mise en place de la perfusion est intéressante et devient un argument de choix entre les différentes voies d'abord vasculaire. L'objectif idéal est de mettre en place une perfusion efficace en moins de 90 secondes.

Les études des années 80 ont montré une diminution du temps de pose de la perfusion en utilisant la voie intra-osseuse chez l'enfant en arrêt cardio-respiratoire et donc un intérêt thérapeutique certain [100, 154] .

L'étude réalisée par Ben Abraham en 2003 compare le temps de pose d'un dispositif intra-osseux de type BIG avec et sans la combinaison NRBC. Les résultats montrent que le

temps d'insertion est plus long en intra-veineux (34 secondes) qu'en intra-osseux (24 secondes) sans la combinaison NRBC mais aussi avec (58 versus 36 secondes) [155].



Figure 36: Pose du BIG® avec la combinaison NRBC.

En 2007, Suyama compare l'EZ-IO® à l'IV, et montre de manière significative le gain de temps à la pose de la perfusion par des personnels portant des tenues de protection NRBC. Les temps sont respectivement de 26,2 secondes pour l'EZ-IO versus 36,5 secondes pour la voie veineuse périphérique (p=0,02) [156].

En 2009, une étude allemande menée par Leidel compare le temps de pose d'un DIO de type EZIO et d'une voie veineuse centrale chez 10 patients. Le temps de perfusion est statistiquement moindre pour le dispositif intra-osseux (2,3 min) que pour la voie veineuse centrale (9,9 min), p<0,001 [157].

La même année, une étude asiatique évalue l'utilisation de l'EZ-IO® en comparaison avec une voie veineuse périphérique simple. Le temps d'insertion du DIO est de moins de 20 secondes et le DIO a été posé pour chaque patient en un ou deux essais [158].

Une autre étude menée par Paxton et Al. a comparé les temps de pose d'une aiguille EZ-IO® en site huméral, une voie veineuse centrale et périphérique. Les résultats ont montré

de manière significative que la pose du dispositif intra-osseux de type EZ-IO® (1,5 minute) est plus rapide que celle d'une voie veineuse périphérique (3,6 minutes; p<0,001) ou encore que la voie veineuse centrale (15,6 minutes; p<0,0056) [159].

En 2010, une étude française menée par Lionel Lamhaut et al. s'est intéressée au temps de pose d'un DIO avec et sans tenue NRBC. Neuf infirmiers et 16 médecins urgentistes, non formés préalablement au DIO, ont appris à effectuer sur des mannequins une technique de perfusion, randomisée parmi 4 méthodes, soit en intraveineux, soit en intra-osseux, avec le port ou non de la combinaison NRBC (Nucléaire, Radiologique, Biologique et Chimique). Le temps de pose de chaque processus de perfusion comprend la mise des gants, l'antisepsie, la préparation de le perfusion, la pose du DIO, la fixation de la tubulure, le test de retour veineux jusqu'à obtenir un débit de perfusion satisfaisant, ceci afin de représenter de manière concrète une prise en charge clinique en pratique. Cette étude a donc démontré que quelle que soit le port de la combinaison NRBC ou non, le temps d'une pose de voie veineuse périphérique était plus long que celui d'un dispositif intra-osseux. Les aiguilles utilisées sont de 18 Gauge pour la voie IV et de 15 Gauge pour la voie intra-osseuse. Le gain est de 20 secondes en situation courante (p<0,001) et de 39 secondes en situation NRBC (p<0,001) [110].

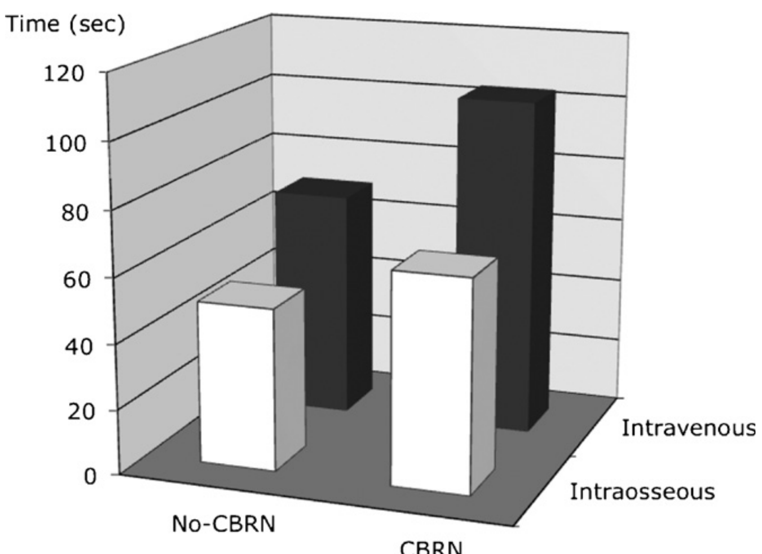


Figure 37 : Temps de perfusion intra-osseuse et intra-veineuse dans des conditions NRBC ou non.

Donc toutes les études s'accordent à dire que, quelles que soient les conditions, le dispositif intra-osseux est plus rapide à poser qu'une voie veineuse centrale ou périphérique. Le délai d'administration des drogues est plus court et contribue à diminuer la morbi-mortalité [100, 154].

b- Taux de réussite à la pose

En termes de pourcentage de réussite de pose, là aussi le cathéter intra-osseux montre une nette prédominance. Le taux de réussite au premier essai est de 83% pour le dispositif intra-osseux dans l'arrêt cardiaque chez l'enfant alors qu'il est de 81% pour la veine saphène, de 77% pour la sous clavière et de 17% pour la voie veineuse périphérique classique [153] .

c- Débits de perfusion

En 1942, Papper mesure les débits de perfusion obtenus avec un trocart simple sternal et avec une voie veineuse antécubitale. Les résultats montrent que les temps de perfusion sont équivalents voir un peu meilleurs par la voie sternale (10,4 secondes) que par la voie veineuse périphérique (12,9 secondes) [20].

Warren et Kissoon ont réalisé une étude en 1993 sur vingt-trois cochons afin de comparer les débits de perfusion en divers sites osseux et les comparer à celui d'une voie veineuse périphérique. Une aiguille de 18 gauge a été utilisée en huméral, fémoral, tibial et malléolaire et une aiguille de 22 gauge a été posée en intra-veineux. Les débits de perfusion ont été mesurés en pression gravitationnelle et sous 300 mmHg de pression chez des sujets normo et hypovolémiques. Les résultats significatifs (p=0,0001) ont montré que la perfusion intraveineuse est la plus efficace même si le débit obtenu en huméral est assez similaire. On obtient respectivement en gravité et en poche à pression chez des sujets normovolémiques des débits de perfusion de 13,1 vs 40,9 en voie veineuse périphérique, 11,1 vs 41,3 en huméral, 9,3 vs 29,5 en fémoral, 8,2 vs 24,1 en malléolaire et 4,3 vs 17mL/min en tibial. Le site sternal n'a pas été mesuré ici. La poche à pression permet de tripler le débit de perfusion tandis que la présence d'une hypovolémie le fait diminuer de 30% environ [127].

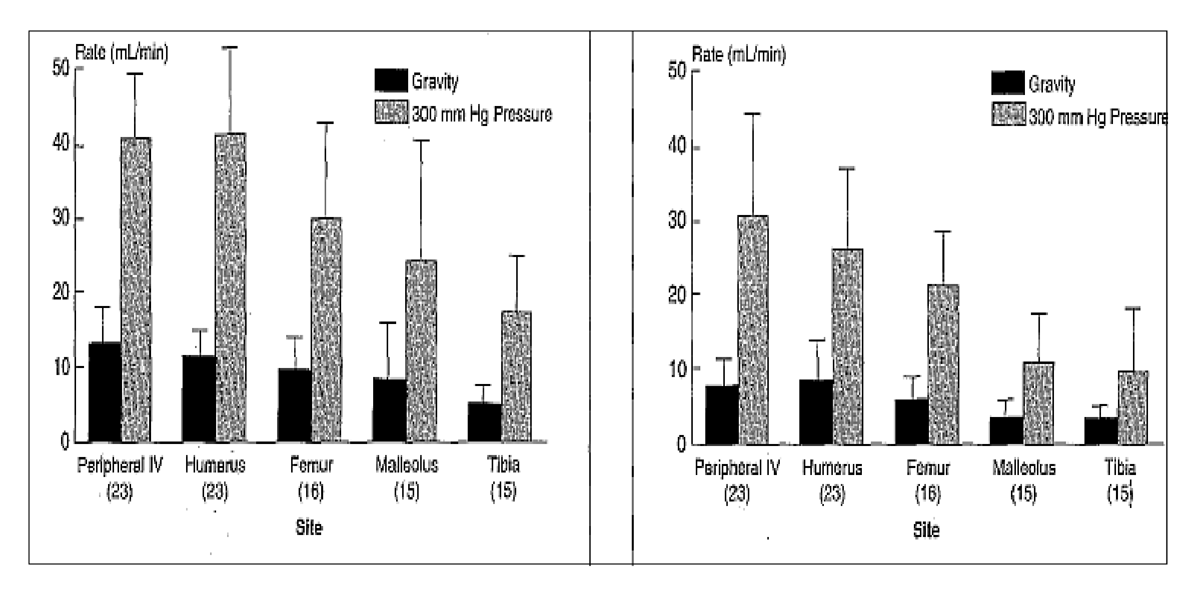


Figure 38 a : Débit de perfusion chez des sujets normovolémiques par la force de gravité et sous 300 mmHg de pression (à gauche)

38 b : Débit de perfusion chez des sujets hypovolémiques par la force de gravité et sous 300 mmHg de pression (à droite).

La majorité des études s'accordent à dire que le débit de perfusion en intra-osseux est équivalent à celui obtenu par voie intraveineuse périphérique [37].

d- Pharmacocinétique

De la même manière, la plupart des études s'accordent à dire que la pharmacocinétique et donc les posologies à administrer sont identiques [94].

Papper, en 1942, avait déjà démontré que les temps de circulation pour les solutés administrés en voie intraveineuse ou en voie intra-osseuse étaient similaires [20].

Thomson et Rosetti en 1984 ont montré que les variations de pH dues à une injection de bicarbonate de sodium étaient discrètement plus longues pour la voie osseuse que pour la voie veineuse (25 sec vs 14 sec) mais que les effets cliniques étaient identiques [160].

Un an plus tard, Spivey et Al. comparent l'efficacité de la perfusion de bicarbonate de sodium en mesurant le pH lors d'une réanimation cardio-pulmonaire selon trois voies d'administration. L'analyse montre une différence significative entre les trois groupes (voie veineuse centrale, voie veineuse périphérique et voie intra-osseuse) et le groupe contrôle. Elle montre également que la voie centrale et la voie intra-osseuse présentent des variations de pH significativement différentes ($p<0,05$) de la voie veineuse périphérique [33].

En 1987, Brickman compare les taux sériques de diazepam et de phénobarbital administrés par voie intraveineuse périphérique et intra-osseuse sur des séries de 20 chiens. Les résultats sont assez similaires mais ne sont pas significatifs statistiquement ($p=0,2$) [161].

En 1988, Cameron et Fontanarosa ont effectué une étude par radiotraceurs sur 8 chiens en état normo et hypovolémique. Le temps mis pour atteindre la circulation centrale ne montre pas de différence, il est de 9,96 secondes par voie intra-osseuse et 9,93 secondes par voie intraveineuse, mais cette donnée n'est pas statistiquement significative ($p=0,78$) [37].

Une étude israélienne publiée en 1995, montre le temps de diffusion intraveineux et intra-osseux de l'ampicilline chez le chat. Les valeurs étaient similaires tant au niveau de la concentration sérique, de la demi-vie, de la distribution volumique que de la clairance ($p<0,05$) [162].

En 1999, Kentner et Al. compare les concentrations sériques d'hydroxyéthyl amidon en solution (6% HEA 200 000 Da) dans les trente premières minutes après administration en intraveineux et en intra-osseux chez le cochon en état de choc hémorragique. Les résultats sont équivalents quelle que soit le mode de perfusion. L'aire sous la courbe est statistiquement supérieure pour la voie intra-osseuse [41].

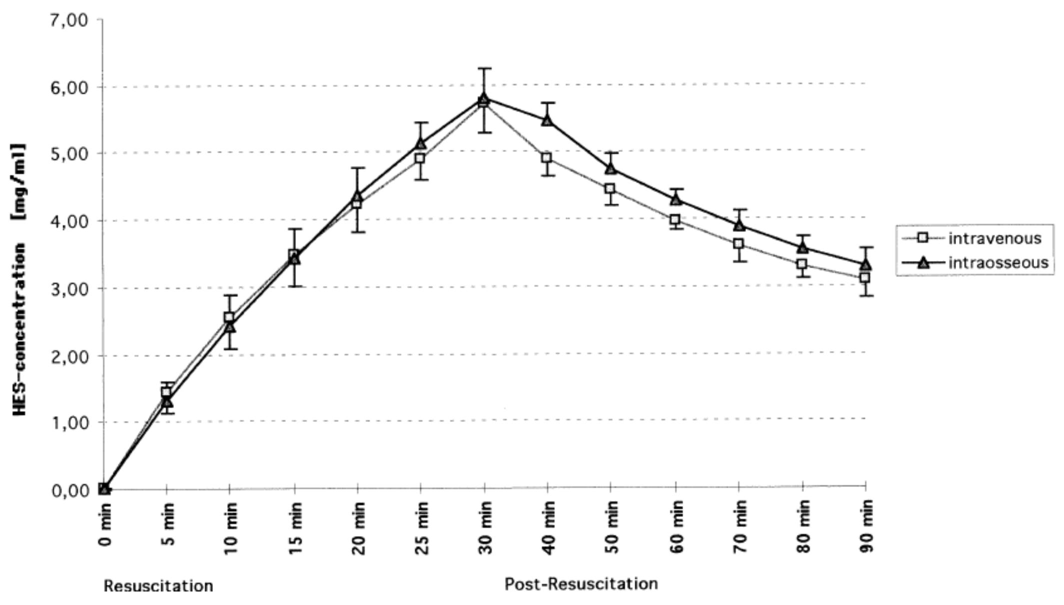


Figure 39 : Concentrations sériques d'HyperHes® par voie intraveineuse et intraosseuse pendant la réanimation cardio-respiratoire.

A ce jour, la seule étude pharmacocinétique effectuée sur le modèle humain comparant la voie intra-osseuse et la voie veineuse périphérique est celle de David Von Hoff et al. en 2008. Les sujets choisis sont des patients atteints de cancer, nécessitant des antalgiques par voie parentérale. Deux groupes ont été randomisés et ont bénéficié successivement des deux perfusions à 24 heures d'intervalle. Treize échantillons sanguins ont ensuite été prélevés dans les huit heures suivant l'administration initiale. Les temps de perfusion et la concentration sérique de morphine ont donc été enregistrés pour chacun des deux groupes. Les sujets ont bénéficié d'une perfusion de 5 mg de sulfate de morphine suivie de 2 mL de sérum salé par un cathéter intra-veineux ou par un port intra-osseux implanté en crête iliaque. Vingt-quatre heures plus tard, une deuxième injection a été faite par la voie non utilisée initialement. Des échantillons sanguins ont été prélevés 13 fois dans les 8 heures suivant la perfusion [163].

	Voie intraveineuse	Voie intra-osseuse
Cmax en ng/mL	289+/-197	235+/-107
Tmax en min	1,4 +/- 0,5	1,3 +/- 0,5
AUC en ng/min/mL	4410 +/- 1930	4372 +/- 1785

Tableau 1: Comparaison des concentrations sériques maximales de morphine par voie intraveineuse et intra-osseuse.

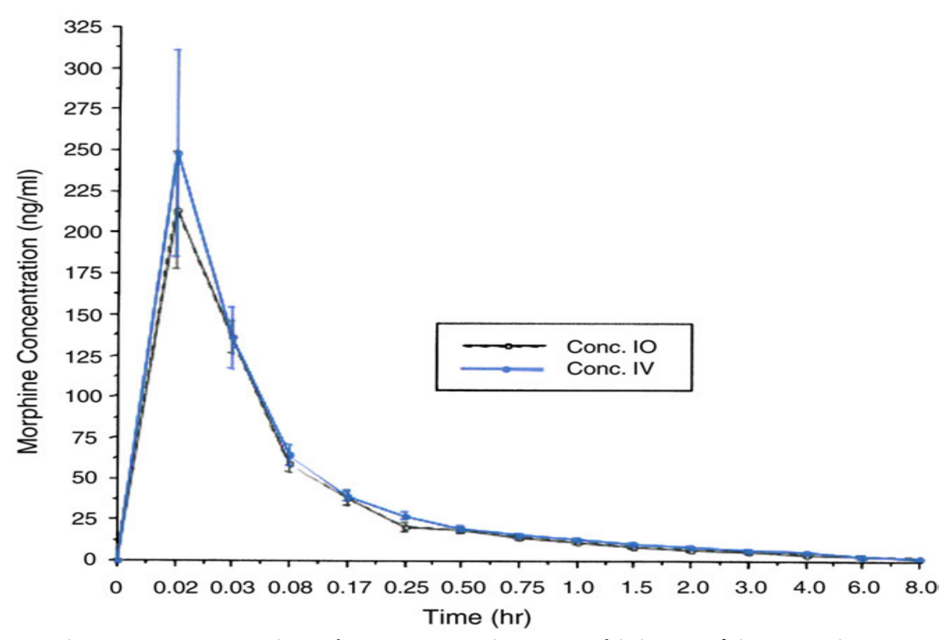


Figure 40 : Comparaison des concentrations morphiniques sériques en intra-veineux (courbe bleue) et en intra-osseux (courbe noire).

L'étude statistique ne permet pas de mettre en évidence une différence significative entre les différents modes de perfusion quelles que soient les mesures (concentration sérique ou temps) réalisées [163].

e- Douleur

L'étude menée par Paxton montre que l'insertion du dispositif intra-osseux de type EZ-IO® en huméral est estimée plus douloureuse (4,5/10) qu'une voie veineuse périphérique ou centrale (1/10) [159]. Les patients se plaignent surtout de l'injection sous pression. Cette douleur peut être calmée par l'administration de lidocaïne avant la perfusion des solutés.

2) DIO entre eux

a- Revue bibliographique

- Temps d'insertion

Halm a montré en 1997 que le temps d'insertion d'une aiguille de Jamshidi était beaucoup plus rapide qu'une aiguille de Cook® (25,5 sec vs 56,2 sec $p<0,0001$) et que non seulement d'être plus facile à poser, elle est nettement moins coûteuse (8$ vs 23$) [58].

En 1998, Findlay évalue le temps de pose du FAST-1® à moins de 90 secondes pour des personnels entraînés et formés préalablement [164]. En 2002, Stevens confirme ces données mesurées chez les paramédicaux avec un temps d'insertion compris entre 52 et 127 secondes (moyenne de 92 secondes) [165].

Une étude est réalisée en 2000, par Calkins, sur les forces militaires opérationnelles aux Etats-Unis. Trente-un personnels issus de la NAVY, de l'Air force, et des forces spéciales ont testés de manière randomisée quatre dispositifs intra-osseux, tirés au sort parmi le FAST-1®, le BIG®, l'aiguille de Cook® et l'aiguille de Jamshidi. Après avoir suivi une instruction, chacun a inséré les quatre DIO sur des cadavres dans un ordre aléatoire. Les sites d'insertion étaient le sternum pour le FAST-1® et le tibia pour les autres dispositifs. Le temps d'insertion du FAST-1® est significativement plus long (114 secondes, $p<0,05$) que pour les autres dispositifs (BIG®: 70 secondes; SurFast®: 88 secondes et l'aiguille de Jamshidi : 90 secondes) [57].

	Taux de réussite à la pose	Temps d'insertion (secondes)
FAST-1®	94%	114
BIG®	94%	70
SurFast®	97%	88
Trocart de Jamshidi	97%	90

Tableau 2: Comparaison des taux de réussite à la pose de quatre DIO.

L'étude menée par Spriggs en 2000, compare le temps de pose du BIG® et de l'aiguille de Jamshidi, sur des mannequins de type pédiatrique. Cette étude a été réalisée par des personnels paramédicaux étudiants (n=28) ou non (n=10). Elle montre que le BIG® peut être posé en 12 sec et le Jamshidi en 17 sec (p=0,02) [67].

L'étude de Gilman en 2002 ne montre pas de différence significative entre un trocart manuel et le BIG® [166].

L'étude menée par Olsen en 2002, a été effectuée sur 48 chiens, le site choisi est la partie proximale tibiale. Un premier groupe de 24 chiens a été perfusé avec une aiguille de Jamshidi et l'autre avec un BIG et deux sous-groupes ont été créés pour comparer la perfusion avec et sans poche à pression. Le seul résultat significatif de cette expérience est le temps de pose des deux dispositifs. Dans le premier groupe utilisant l'aiguille de Jamshidi, il est de 42 secondes et dans le second muni du BIG® il est de 22 secondes (p=0,0024) [167].

L'étude de 2007 menée par Frascone sur 150 poses de DIO montre que les délais d'insertions sont de moins d'une minute dans 75 % des cas pour l'EZ-IO® et dans 67 % des cas pour le FAST-1®. Le pourcentage est de près de 88% pour l'EZ-IO® et de 97% pour le FAST-1® en moins de deux minutes (p=0,02) [168].

En 2008, Brenner a mené une étude comparant le temps d'insertion d'un DIO avec une aiguille de Cook® ou une perceuse EZ-IO® de calibre 15 gauge pour les deux. L'étude a été

menée avec 84 médecins urgentistes randomisés en deux groupes, expérimentant le DIO sur des cadavres humains, après avoir reçu une instruction verbale et vu une démonstration de 15 minutes. Les résultats sont les suivants:

	Man-IO (Cook®)	EZ-IO®	Significativité
Temps d'insertion	32 +/- 28	32 +/- 11	
Taux de réussite	79,5%	97,8%	P<0,01
Complications	15,4%	0%	P<0,01
Aisance	1,9 +/- 0,7	1,2 +/- 0,4	P<0,01

Tableau 3: Comparaison du temps d'insertion, du taux de réussite à la pose, des complications et de la facilité d'utilisation entre l'aiguille de Cook® et l'EZ-IO®.

Ces résultats montrent de manière significative, que l'EZ-IO® est aussi rapide à poser qu'une aiguille de Cook® et qu'il est beaucoup plus facile à insérer (p<0,01). On note au passage que pour l'EZ-IO® les complications sont nulles [169].

En 2008, Fowler a effectué une étude rétrospective à partir de la banque de données de Vidacare. 1199 patients ont été éligibles dont 55% d'hommes ayant bénéficié d'un dispositif intra-osseux de type EZ-IO® après échec d'une voie veineuse périphérique. Le temps d'insertion est de moins de dix secondes et dans 84% des cas, la première tentative était un succès [170].

La même année, Levitan teste l'apprentissage de l'utilisation de l'EZ-IO® sur des cadavres. Les personnels médicaux et paramédicaux n'avaient aucune expérience de l'EZ-IO® au préalable. Après une présentation de cinq minutes et une démonstration, chacun des quatre-vingt dix-neuf participants ont réalisé trois insertions. Sur les 297 insertions réalisées 288 ont été réussies soit 97,3%. Les taux de réussite lors des trois tentatives ont été de 96,9%, 94,9% et 100% à la troisième tentative. Le temps d'insertion moyen étant de six secondes [171].

En 2010, Hartholt et Al. effectuent une étude randomisée en simple aveugle, visant à comparer les différents DIO utilisés par les services de secours d'urgence héliportés aux Pays-Bas. Le temps d'insertion est comparé entre l'aiguille de Jamshidi 15G, le BIG® 18G et le FAST-1® chez des adultes de plus de 14 ans (n=65). Les résultats montrent une différence significative entre l'aiguille de Jamshidi 38 secondes et le FAST-1®, 62 secondes (p=0,002) mais la différence n'est pas significative entre l'aiguille de Jamshidi et le BIG®, 49 secondes (p=0,091) ni entre le BIG® et le FAST-1® (p=0,053) [172].

Ces résultats montrent que l'EZ-IO® et le BIG® sont les dispositifs les plus rapides à poser.

– Taux de réussite

Il est important de noter, que les veines peuvent se collaber, diminuant de manière notable le taux de réussite d'abord vasculaire en situation d'urgence et plus particulièrement dans l'arrêt cardio-respiratoire [29]. Plusieurs études citant les dispositifs à insertion manuelle estiment les taux de réussite à l'insertion entre 76% et 94% [62, 173-174]. En 1989, deux études de médecine préhospitalière ont montré que des infirmières dotées de simples connaissances théoriques et un entraînement pratique sur des pieds de veau et des os de poulet ou de porc parvenaient à poser en moins d'une minute un dispositif intra-osseux avec 85% de réussite dans la première étude [62].

En 1993, Glaeser a réalisé un essai descriptif non randomisé, sur une période de cinq ans, chez tous les patients sans critère d'âge présentant une nécessité de voie d'abord vasculaire avec médication rapide en prise en charge pré-hospitalière. 152 patients ont été inclus dans l'étude. Le dispositif intra-osseux utilisé est une aiguille de Jamshidi utilisée en prétibial. Le taux de réussite est alors de 76% par patient et 70% par tentative, sachant que le taux de réussite est maximal chez l'enfant de moins de trois ans avec un taux de 85% et chute à 50% chez l'adulte [63]. En effet, les aiguilles standards sont assez difficiles à insérer chez l'adulte dont la corticale est plus épaisse.

L'étude israélienne menée par Waisman, producteur du BIG®, en 1997 retrouve un taux de réussite de 100% si le BIG® est manipulé par un médecin, l'étude a été effectuée sur une période de onze mois avec un recrutement non randomisé de cinquante patients [66].

En 2000, Macnab a réalisé une étude comparant les cinquante premières utilisations du FAST-1® dans 6 services d'urgence et dans 5 unités d'urgence préhospitalière. Le taux de réussite en moyenne globale est de 84%. Sachant que le taux de réussite est de 74% pour les novices et 95% pour les utilisateurs entraînés, on en conclut que l'apprentissage est une étape essentielle avant l'utilisation du FAST-1®. Les échecs sont essentiellement constatés chez les patients obèses, chez lesquels l'épaisseur des tissus sous-cutanés empêche l'insertion du DIO dans 55% des cas [3].

L'étude menée en 2002 par Gilman, montrait que le taux de réussite entre le BIG® et une aiguille intra-osseuse était équivalent même si les participants préféraient utiliser le BIG® [166].

Miller a démontré en 2005, qu'après une formation initiale et un entraînement suffisant, le taux de réussite de pose du FAST-1® est exponentiel. En fait, l'étude consiste à prendre 29 personnels des urgences non habilités à poser des voies d'abord sur des patients en situation critique. Après une formation de deux heures, ces personnels se sont entraînés à poser des DIO de type FAST-1® sur des mannequins et leur performance ont été relevés à chaque essai. Tous ont réussi à poser le patch autocollant correctement au premier essai. Seulement 55% ont réussi à poser de manière adéquate le dispositif intra-osseux mais ce taux monte à 93% au quatrième essai. Le dôme protecteur a été disposé de manière satisfaisante dans 93% des cas. Cette étude démontre bien la nécessité d'une formation préalable à l'utilisation du FAST-1® [175] .

Une étude élaborée par Johnson DL, a permis une comparaison du débit de perfusion et de la facilité de la pose entre le FAST-1® et une aiguille de Cook® de type Sur-Fast® sur 106 cadavres : la pression nécessaire est comparable aux autres DIO : 8,5 Kg, le dispositif est correctement en place dans 75 cas sur 77 [176].

En 2005, deux études menées par des industriels commercialisant l'EZ-IO® estiment le taux de réussite de pose de leur produit entre 94% et 97% [130, 177] .

L'étude menée en 2007 par Frascone RJ, Minnesota, USA, compare rétrospectivement en 2008 l’utilisation préhospitalière du FAST-1® puis de l’EZ-IO® avec perceuse dans les services d’urgence de Saint Paul et de Minneapolis pendant 6 ans. 124 personnels ont été formés au FAST-1® et 385 à l’EZ-IO®. Sur 89 tentatives d’insertions pour chaque dispositif,

le taux de réussite est de 87% pour l'EZ-IO® contre 72% pour le FAST-1® (p = 0,008) sans modification en fonction de l'expérience de l'opérateur. Les cas d'échec les plus fréquents pour les deux DIO sont l'excès de tissu empêchant la pénétration de l'aiguille en cas de surcharge pondérale et pour le FAST-1®, le déplacement du cathéter après sa mise en place [168].

L'étude menée par Frascone en 2007 a été réalisée sur 178 patients. Elle compare le FAST-1 qui présente un taux de réussite de 72% à l'EZ-IO avec 87% (p=0,009) [168].

Brenner en 2008, montre que l'EZ-IO® a également un taux de réussite plus important que l'aiguille de Cook® [169]. Fowler estime le taux de réussite de pose de l'EZ-IO à 92% [170].

Une étude prospective a été menée par Dagan Schwartz de mai 2000 à Juin 2004, sur 189 patients. Le moyen de perfusion était le BIG®. La moyenne d'âge était de 53,2 ans. Sur 189 patients, 172 (91%) ont été perfusés au premier essai, 174 au deuxième (92%), 47 (24,9%) avaient moins de dix-huit ans, 110 (58,2%) avaient plus de soixante ans. 133 (70,4%) patients n'avait plus de pouls périphérique palpable lors de la prise en charge et seulement 34 patients soit 18% avait subi un traumatisme [68]

En 2009, Leidel montre que le taux de réussite de pose du DIO de type EZ-IO® est nettement supérieur (90%) que celui d'une voie veineuse centrale (60%) dans des conditions de prise en charge hospitalière [157].

Dans l'étude menée par Levitan en 2009, le taux de réussite d'insertion de l'EZ-IO® en prétibial a été estimé à plus de 96% dès la première tentative. Sur les 297 insertions réalisées 288 ont été réussies. Les taux de réussite lors des trois tentatives ont été de 96,9%, 94,9% et 100% à la troisième tentative [171].

Une étude a été menée par I. Shavit en 2009, comparant le BIG® et l'EZ-IO®, en nombre de succès de pose et en facilité d'utilisation. 29 étudiants infirmiers ont été choisis, n'ayant aucune connaissance du DIO, ils ont visualisé une vidéo de 45 min expliquant comment poser chacun des deux dispositifs, suivie d'une démonstration de 10 min et ensuite ils ont été répartis en deux groupes de manière randomisée pour poser le DIO sur des os de dinde, tout en étant filmé et chronométré. Le premier groupe commence par l'EZ-IO®, et le deuxième par le BIG®. A l'issue, un questionnaire leur a été distribué évaluant la facilité

d'utilisation de chacun des dispositifs et leur premier choix. L'aiguille utilisée pour le BIG® était de 18 gauge et celle de l'EZ-IO® de 15 gauge. Sur 29 participants, 28 ont réussi à poser la voie avec l'EZ-IO® contre 19 avec le BIG® (p=0,016) et 20 d'entre eux l'ont choisi comme plus facile à utiliser [178].

En 2010, Hartholt et Al. a comparé les taux de réussite à la pose entre l'aiguille de Jamshidi, le BIG® et le FAST-1®. Avec une moyenne de réussite de 80%, l'aiguille de Jamshidi a un taux de 91,7%, le FAST-1 de 89,5% et le BIG de 59% (p=0,010) [172].

Des données récentes non publiées feraient état d'un taux d'échec de 50% des BIG® posés par l'armée israélienne au Liban et à Gaza alors que les taux de réussite dépassent 70 à 90 % en préhospitalier civil [68, 112] et atteignent 100 % à l'hôpital [66]. L'étude israélienne de Shavit montre un taux de réussite du BIG® de seulement 60% contre 96,5% avec l'EZIO® lors de l'apprentissage sur os de dinde, avec une plus grande facilité de pose [178]. Au cours de trois mois d'utilisation de l'EZIO® en Afghanistan au sein d'un hôpital de campagne britannique, 32 insertions (dont 3 préhospitalières) ont été réalisées chez 26 patients (16 adultes et 10 enfants) avec un taux de succès de 97% [119]. Les taux de réussite de l'EZ-IO® en pratique préhospitalière et hospitalière civile sont comparables avec des temps de pose inférieurs à 60 secondes [168, 179]. La perceuse semble donc plus maniable dans le contexte des OPEX (opérations extérieures) [180-181]

.

- Débits de perfusion

En 1979, Shook et Al mesure le débit de perfusion obtenu avec un dispositif intra-tibial chez le bovin. Les résultats ont montré une proportionnalité entre la pression de perfusion et le débit mesuré. On retrouve donc pour des pressions successives de 300, 200 puis 100 mmHg des débits respectifs de 41, 32 et 27 mL/min. Le débit de perfusion en pression atmosphérique est estimé à 10 mL/min [36].

Ce débit dépend non seulement de la taille du trocart mais aussi de la profondeur de la cavité médullaire, il reste donc variable selon les sites de perfusion [53].

En 1998, Findlay montre que le débit de perfusion pouvant être obtenu sur des cadavres et des volontaires par un dispositif de type FAST-1 est de 30mL/min (gravité), 125

mL/min (sous pression) et 250mL/min par bolus à la seringue [164]. Une autre étude publiée en 1999 par Tiffany montre un débit de 17,9+/- 9 mL/min (gravité), 104,1+/-46,5 mL/min (sous pression) et 232,5+/- 131,2 mL/min (bolus à la seringue) (1 transfusion d'un culot de GR en 6 min). On note un record de débit de perfusion par la simple gravité à 34,6+/-20 mL/min [182].

L'étude Johnson effectuée sur 106 cadavres a permis la comparaison du débit de perfusion entre le FAST-1® et une aiguille de Cook® Sur-Fast®. Les débits enregistrés sont de 109 ml/min pour le sérum salé isotonique (SSI) contre 102 ml/min pour le RescueFlow® (sérum salé hypertonique à 7,5% et dextran 70 à 8%) pour le RescueFlow® [176].

L'étude de Calkins en 2000 montre que les débits sont approximativement équivalents comparant le BIG®, le FAST-1®, le Jamshidi et le Sur-Fast®, mais le BIG® est le mode préféré par 65% des utilisateurs, de par sa facilité d'utilisation [57].

En cas de bas débit, une poche à pression doit être utilisée [66].

Pression	Aiguille (Gauge)	Volume en mL/min
Pression atmosphérique	16	5-10
300 mm Hg	16	15-20
300 mm Hg	15	30-40
Bolus à la seringue	15	60-100

Tableau 4: Débits selon la taille de l'aiguille et la pression de perfusion.

L'étude de Davidoff montre que la perfusion par EZ-IO®, permet l'administration de bolus dans 86% des cas sans difficulté [130].

Un débit de 15 à 80 mL/minute a été enregistré en sternal simplement par gravité et jusqu'à 125 mL/min en utilisant une technique de perfusion pressurisée. Ce débit correspond approximativement à celui d'une voie d'abord veineuse périphérique de 18 G [82].

L'utilisation de substances vasoactives pour augmenter le débit de perfusion n'a pas encore été prouvé à ce jour [183].

– Facilité d'utilisation

L'étude menée par Spriggs en 2000 n'a pas montré de différence significative entre la facilité d'utilisation du BIG® et une aiguille intra-osseuse [67]. Des difficultés dans l'ablation du FAST-1® ont été rapportées dans 24% des cas [3]. L'étude rétrospective de Fowler estime que 72% des utilisateurs de l'EZ-IO® le trouve facile d'utilisation avec un score de facilité à 1,7 sur une échelle croissante de difficulté côtée de 0 à 10 [170].

– Pharmacocinétique

En 2005, Kramer compare les taux sériques d'epinephrine par voie intra-osseuse humérale et tibiale antérieure dans la prise en charge de l'arrêt cardiaque. Les résultats montrent que le temps de perfusion en tibiale antérieure était au moins deux fois plus long qu'en sternal (50 vs 20 secondes) [184]

.

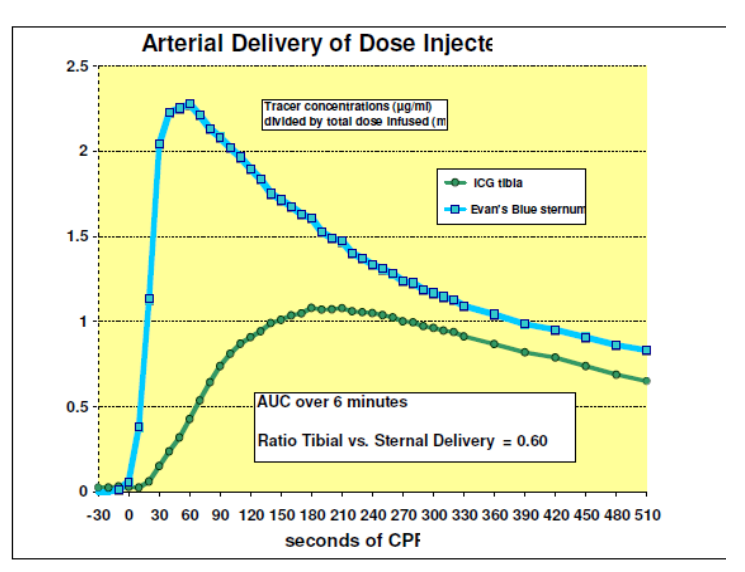


Figure 41 : Concentrations sériques d'épinéphrine par voie intra-osseuse humérale et tibiale antérieure.

En 2006, Hoskins renouvelle l'étude et montre que la voie intra-sternale semble la plus proche de la voie jugulaire que ce soit en terme de temps ou de concentration. Il met également en évidence que la pharmacocinétique est plus rapide chez des sujets normovolémiques, la voie tibiale étant moins rapide que la voie veineuse centrale (temps respectifs de 11,7 secondes versus 7,3 secondes chez des sujets hypovolémiques [185]. Il montre que dans l'arrêt cardio-respiratoire, entre trois modes d'administration d'epinephrine (voie veineuse centrale, intra-osseuse tibiale et voie endotrachéale), la voie intra-osseuse permettait de remonter la pression artérielle moyenne de manière plus rapide que la voie veineuse centrale et que la voie endotrachéale et sur une plus longue durée [186]. Enfin en comparant le site d'injection huméral et sternal, il n'a pas trouvé de différence significative entre les pics des traceurs injectés [187].

- Douleur

Lors de la pose d'un dispositif intra-osseux avec une perceuse EZ-IO®, la douleur a été évaluée par l'échelle visuelle analogique, la douleur est estimée entre 5 et 8 dans la moitié des cas, à 0 en cas d'injection préalable de lidocaïne et pour 49 % des patients pas de douleur ressentie. L'insertion tibiale est estimée plus douloureuse que celle humérale. L'injection d'un bolus peut être plus douloureuse que la pose du dispositif en elle-même. L'injection de lidocaïne chez neuf patients conscients ont permis de réduire la douleur à nulle ou modérée [3]. L'étude rétrospective de Fowler estime la douleur d'insertion du dispositif à 3,4 et à 5,4 lors de la perfusion [170].

Philbeck et Miller ont réalisé une étude sur 10 volontaires pour évaluer la douleur à l'insertion du dispositif, lors de son retrait et lors d'administration de bolus. Cette étude a été réalisée sur dix volontaires. Sur l'échelle visuelle analogique (0-10), l'insertion a été évaluée en moyenne à 3,9, le retrait à 2,2. Après administration de 20 mg de lidocaïne, la douleur a été évaluée à 2,0. La douleur a été estimée proportionnelle au débit de perfusion ($p<0,001$) [188]. Ainsi une étude prospective pourrait s'avérer utile dans l'évaluation de la douleur chez des patients conscients.

Ainsi même si la plupart des patients nécessitant la pose d'un dispositif intra-osseux ont un score de Glasgow inférieur à 8, il est possible d'administrer de la lidocaïne aux patients conscients afin de diminuer la douleur lors de la perfusion.

– Opérateurs

En 2004, Miller David forme 29 brancardiers secouristes et évalue leur capacité à utiliser le FAST-1 sur un mannequin. Cette étude a montré que 96% des participants parvenaient à repérer le creux sternal. Tous ont su placer le patch correctement, mais seulement 16 d'entre eux ont réussi à insérer le FAST-1 de manière appropriée à la première tentative, jusqu'à quatre tentatives ont été nécessaires pour les autres. Ces résultats montrent la nécessité d'un apprentissage spécifique concernant le FAST-1 et laisse à supposer que celui ci n'est pas adapté à un usage non médical [175].

b- Etude CITERA Metz

– Introduction

Nous avons réalisé sur un an une étude comparative non randomisée, basée sur un questionnaire comparant trois critères d'utilisation de trois dispositifs intra-osseux. Les dispositifs choisis ont été le trocart de Mallarmé, représentant les dispositifs manuels, le BIG®, muni d'un ressort et la perceuse EZ-IO®, dotée d'un système motorisé. Les trois critères d'évaluation sont basés sur la rapidité d'utilisation, la facilité et la fiabilité du dispositif.

– Méthode

Les personnels ont été interrogés au cours d'une formation au CITERA (Centre d'Instruction des Techniques Elémentaires de Réanimation de l'Avant) de l'Hôpital d'Instruction des Armées Legouest à Metz. Sur une période de un an (de novembre 2008 à décembre 2009), 147 personnels ont été interrogés, dont 56 médecins et internes (spécialistes ou généralistes), 47 infirmiers (dont certains sont spécialisés en anesthésie) et 44 brancardiers secouristes. Après une démonstration théorique et pratique de moins d'une heure par le même enseignant, les participants ont essayé les trois dispositifs selon un ordre quelconque sur des mannequins. Ils ont du ensuite classer les trois dispositifs par ordre de préférence selon les trois critères : la rapidité, la facilité d'utilisation et la fiabilité. Cet ordre est défini de manière subjective par le participant, selon les trois critères déterminés. Le test statistique choisi est le test du Chi-2.

– Résultats

Selon le premier critère, qui est celui de rapidité, toutes les catégories de population interrogées ont choisi le BIG® comme étant le dispositif le plus rapide à poser (27 médecins, 27 infirmiers et 24 brancardiers-secouristes). Le graphique, ci-dessous, nous permet de visualiser ces résultats.

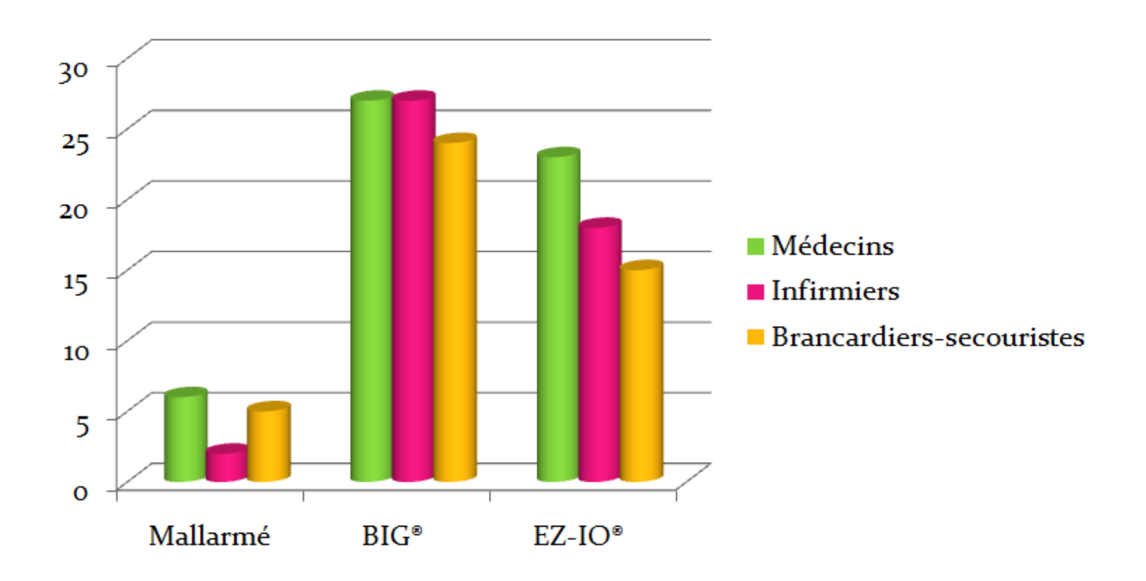


Tableau 5: Critère de rapidité

Selon le deuxième critère, la facilité d'utilisation, toutes les catégories de population interrogées ont choisi l'EZ-IO® comme étant le dispositif le plus facile à poser (37 médecins, 30 infirmiers et 23 brancardiers-secouristes). Le graphique, ci-dessous, nous permet de visualiser ces résultats.

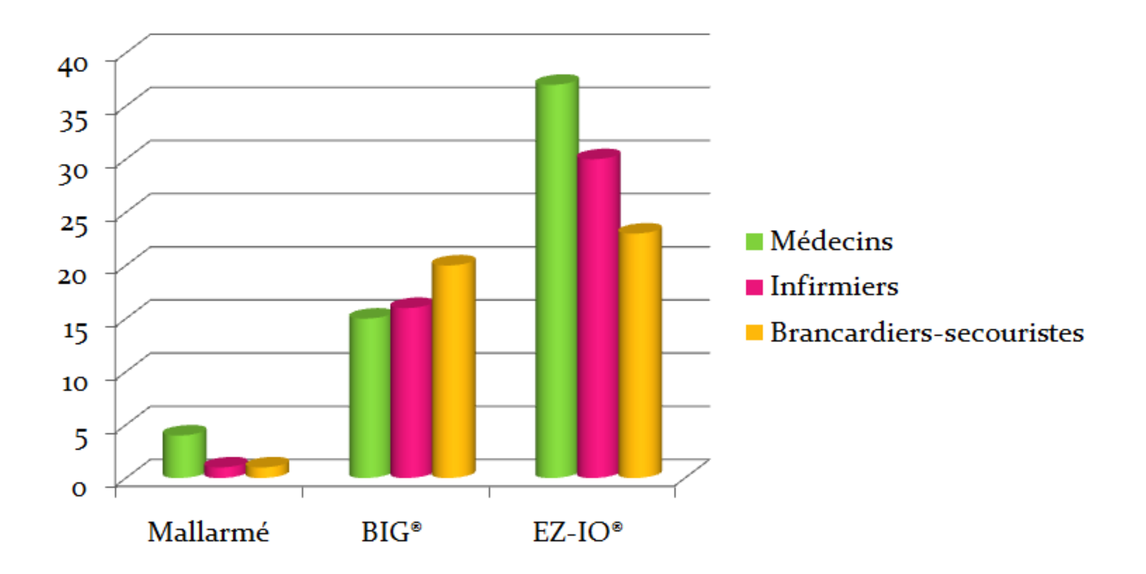


Tableau 6: Critère de facilité

Selon le troisième critère, la fiabilité, toutes les catégories de population interrogées ont choisi l'EZ-IO® comme étant le dispositif le plus facile à poser (43 médecins, 38 infirmiers et 28 brancardiers-secouristes). Le graphique, ci-dessous, nous permet de visualiser ces résultats.

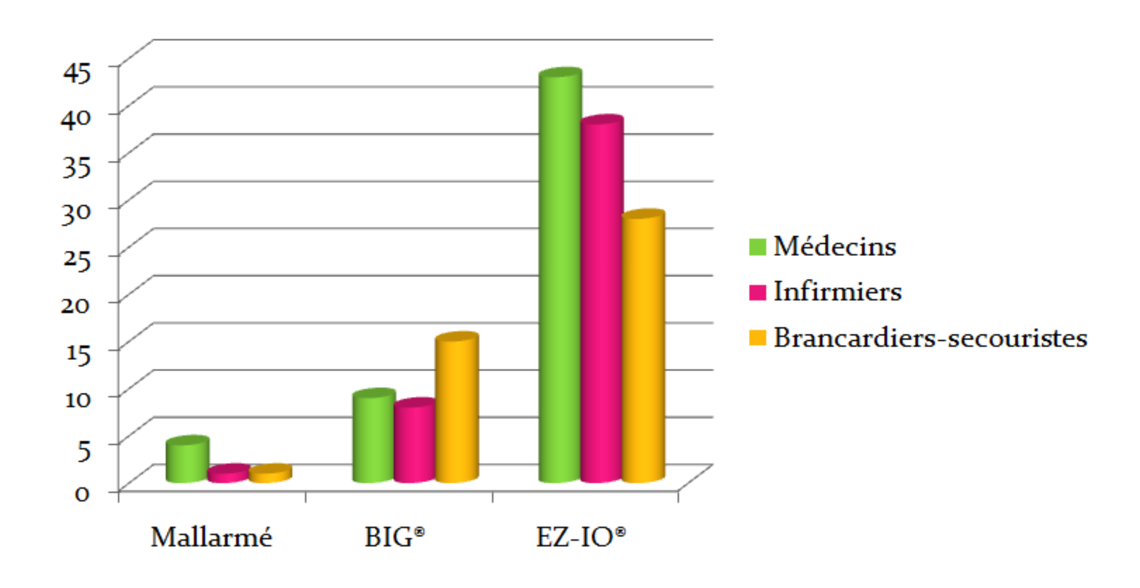


Tableau 7: Critère de fiabilité

Au total, sur 56 médecins, 27 (soit 48%) pensent que le BIG est le plus rapide, 37 (soit 66%) estiment l'EZ-IO® le plus facile à utiliser et 43 (soit 76%) le trouvent le plus fiable. Concernant les infirmiers, sur 47 personnels, 27 (soit 57%) pensent que le BIG® est le plus rapide, 30 (soit 64%) estiment que l'EZ-IO® est le plus facile d'utilisation et 38 (soit 80%) trouvent que l'EZ-IO® est le plus fiable. Pour les brancardiers secouristes, sur 44 personnels, 24 (soit 54%) pensent que le BIG® est le plus rapide, 23 (soit 53%) estiment que l'EZ-IO® est plus facile d'utilisation et 28 (soit 64%) trouvent que l'EZ-IO® est le dispositif le plus fiable.

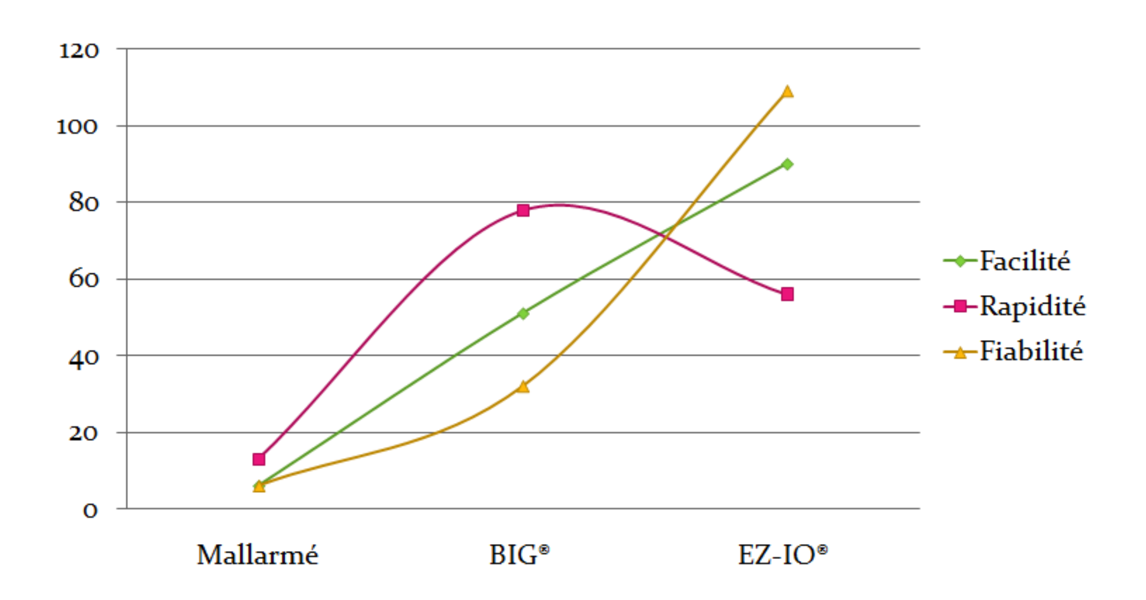


Tableau 8: Synthèse des résultats de l'étude CITERA.

Ce graphique nous montre, que le trocart de Mallarmé est choisi ponctuellement quelque soit le critère choisi. Le BIG® est choisi tout d'abord pour sa rapidité d'utilisation, puis pour sa facilité mais n'est pas considéré comme fiable par la majorité des personnes interrogées. Enfin, l'EZ-IO® est choisi préférentiellement pour sa fiabilité et sa facilité d'utilisation.

Pour effectuer l'étude statistique, nous avons regroupé les résultats en quatre catégories pour être interprétés selon le test du Chi-2. Les personnels interrogés ont été regroupés en médecin et non-médecin et les dispositifs choisis au rang 1 ont été regroupés en EZ-IO® et non EZ-IO®, selon les trois critères de choix. L'hypothèse principale, est que l'EZ-IO® est

plus facile à utiliser que les autres dispositifs. Les hypothèses secondaires sont que l'EZ-IO® est plus rapide et plus fiable que les autres dispositifs.

Pour la facilité d'utilisation, comparé aux deux autres, l'EZ-IO® a été choisi à 66% par les personnels médicaux et à 58% par les personnels paramédicaux (p=0,34 ; χ^2=0,9). Pour la rapidité d'utilisation, comparé à l'EZ-IO®, le BIG® et le trocart de Mallarmé ont été préféré à 59% par les professionnels médicaux et à 64% par les personnels paramédicaux (p=0,56 ; χ^2=0,34). En ce qui concerne la fiabilité, comparé aux deux autres, l'EZ-IO® a été choisi à 77% par les professionnels médicaux et à 72,5% par les professionnels paramédicaux (p=0,56 ; χ^2=0,33).

Ces résultats nous montrent donc une préférence pour l'EZ-IO® en critère de facilité d'utilisation et de fiabilité et une préférence pour le BIG® et le trocart de Mallarmé en critère de rapidité. Ces différences ne sont malheureusement pas significatives statistiquement, du fait d'un échantillonnage trop restreint.

- Discussion

Ainsi, on observe que sur les 147 personnels réunis, le BIG® est estimé le plus rapide pour 53% des participants, et l'EZ-IO® est estimé le plus facile d'utilisation (61%) et le plus fiable (74%). Ces résultats prouvent donc que les nouveaux dispositifs rendent la perfusion intra-osseuse plus facile et plus fiable, que ce soit pour les médecins, les infirmiers ou les brancardiers-secouristes. Ces résultats en faveur de l'EZ-IO® sont d'autant plus intéressants que le BIG® d'entraînement ne reproduit pas exactement les conditions réelles d'emploi du fait d'un ressort beaucoup moins puissant. Tous ces matériels sont actuellement en dotation en Afghanistan et les retours d'expérience permettront de préciser leurs places respectives.

XI. Formation

En 2005, Miller souligne la nécessité d'une formation adéquate avant l'utilisation préhospitalière civile. Cette étude a été réalisée chez 29 étudiants secouristes évalués sur la pose d'un FAST-1® sur un mannequin d'entraînement modifié après deux heures de formation. Si l'ensemble des étudiants arrive à identifier la fourchette sternale, seulement 55% parvienne à mettre en place le DIO au premier essai, alors que ce taux monte à 95% à la quatrième tentative. Le temps moyen d'insertion est de moins de trente secondes contre moins d'une minute pour l'ensemble du dispositif avec le dôme en plastique [175] .

L'entraînement sur des volontaires sains n'est pas recommandé mais il existe de nombreux mannequins de type Laerdal® prévus à cet usage. Les dispositifs de type BIG®, EZ-IO® et FAST-1® existent en version d'entraînement et sont réutilisables.



Figure 42: Mannequin pédiatrique de type Laerdal® pour perfusion intra-osseuse.

Une formation d'une demi-journée est suffisante pour l'apprentissage des gestes techniques et du repérage osseux.

XII. Mode d'emploi

1) Généralités

La mise en place correcte d'un dispositif intra-osseux permet d'administrer les solutés et les traitements de la même manière que par une voie veineuse périphérique, que ce soit en nature ou en débit, et avec la même rapidité d'action [22, 37] [38, 123] [189]. Ainsi la procédure de perfusion intra-osseuse doit être effectuée en différentes étapes:

a- La préparation

L'environnement doit être aseptique, voire stérile si possible. Le personnel soignant doit prendre les mêmes précautions que pour une voie veineuse périphérique, gants de soin et protection oculaire. Un champ stérile n'est pas utile. En fonction du matériel disponible, la garde réglable est adaptée au point de ponction, à l'âge et à la morphologie du patient. Une seringue de 5 à 10 mL de sérum salé isotonique doit être préparée, branchée sur le raccord coudé adéquat ou une tubulure courte avec un robinet, purgé de la même manière qu'une voie veineuse périphérique, c'est à dire en piquant l'extrémité de la tubulure dans la poche de soluté, prête à être reliée au DIO une fois celui-ci en place.

Il faut rassurer le patient si nécessaire et lui expliquer s'il est conscient de la procédure et des raisons du choix de cette méthode.

Une désinfection chirurgicale du point de ponction est indispensable, quelque soit le degré d'urgence. L'asepsie peut être réalisée avec un simple protocole Bétadine®.

Si cette voie est choisie pour un autre motif qu'une urgence thérapeutique, une anesthésie locale peut être pratiquée par l'injection sous-cutanée de 2 mL de lidocaïne 1% en sous-cutané et dans le périoste. Si le patient est inconscient, cette étape n'est pas nécessaire.

b- Insertion

Quelque soit le dispositif choisi, la prise des repères osseux se fait avec des gants stériles.

Les systèmes manuels sont introduits par une pression ferme jusqu'à obtenir un contact osseux, ensuite il faut maintenir une pression constante avec des mouvements de rotation jusqu'à la sensation de perte de résistance brutale traduisant le passage de la corticale et la mise en place de l'aiguille dans la cavité médullaire. La pénétration est limitée par la garde de l'appareil quand il en est muni, l'interposition des doigts repliés dans les systèmes à ailettes ou le renflement de l'aiguille du trocart de Mallarmé métallique. Chez l'enfant, il est fondamental d'interrompre la pression dès la perte de résistance pour ne pas traverser la corticale postérieure.

L'insertion du FAST-1® se fait lorsque la pression appliquée est suffisante et la pénétration du cathéter corticale est limitée à 6 mm.

Le BIG® utilise un système à ressort pour faire pénétrer l'aiguille automatiquement dès que la goupille est enlevée et que la pression est appliquée sur le bout distal du dispositif. La profondeur ne peut être contrôlée par la sensation de perte de résistance. Seul le réglage préalable de la garde garantit la position de l'aiguille.

L'EZ-IO® est introduit à l'aide d'une perceuse électrique. Les aiguilles spécifiques de l'EZ-IO® disposent d'un repère de profondeur à ne pas dépasser. L'aiguille est mise en place sur la perceuse où elle est maintenue par un système magnétique. La pression perpendiculaire assure le passage de la peau et le contact osseux. En revanche, C'est la rotation de l'aiguille qui permet l'insertion et le passage de la corticale sans pression de l'opérateur au risque de bloquer la perceuse.

c- Vérification

Une fois le trocart retiré, il faut vérifier que le dispositif est bien en place. Pour ce faire, il existe trois manières de faire.

Tout d’abord, l’aiguille doit être fermement fixée dans la corticale et ne pas être mobile sans support, ni attache. Ensuite, une fois le trocart retiré, il faut tester le reflux. Le test d'aspiration n'est pas toujours positif et n'est pas recommandé. Par contre une purge de 5 à

10 mL de sérum salé isotonique, doit se faire aisément sans rencontrer aucune résistance ou sinon une brève résistance traduisant la purge des débris osseux [3]. La purge ne doit entraîner ni douleur, ni extravasation. Il est donc important de vérifier fréquemment que le soluté ne diffuse pas dans les tissus périphériques et qu'il n'y ait pas de coloration anormale des tissus cutanés [74, 190] .

Dans le cas où une extravasation serait constatée autour du point de ponction, c'est que l'aiguille n'est probablement pas assez enfoncée. Chez le tout petit enfant, il faut vérifier qu'il n'y ait pas d'extravasation postérieure signifiant alors que les deux corticales ont été perforées.

En cas d'échec, il faut changer de site de perfusion sinon la perfusion risque de s'écouler par le premier point de ponction.

d- Fixation

En dehors du FAST-1® et de l'EZ-IO®, la fixation du DIO n'est pas simple et peut faire appel à une cravate réalisée avec une compresse enroulée fixée par une bande collante. Un prolongateur classique ou celui livré par le constructeur, coudé à son extrémité est ensuite relié à la tubulure de perfusion. L'extrémité apparente du dispositif intra-osseux doit être recouverte et protégée par des compresses imbibées de Bétadine® pour deux raisons, prévenir du risque infectieux et du risque d'arrachement du dispositif par inadvertance [87].

Le FAST-1® et l'EZ-IO® sternal disposent d'un kit de fixation au niveau du manubrium sternal associé à un dôme plastique transparent de protection. L'aiguille de l'EZ-IO® classique, fermement enfoncée dans la corticale ne nécessite aucun système de fixation particulier mais le dispositif de l'EZ-IO® sternal peut être utilisé.

L'aiguille du BIG® est maintenue en place par la goupille du dispositif qui est fixée perpendiculairement à l'aiguille et maintenue à la peau par deux bandes collantes.

e- Perfusion et injection

Il s'agit d'une véritable voie veineuse avec une cinétique identique à une injection intra veineuse classique [37].

Tous les médicaments d'urgence et tous les produits de remplissage artificiels ou naturels peuvent être utilisés en respectant les posologies adaptées à la voie d'administration [124].

Les débits peuvent être importants du fait du calibre et de la faible longueur des aiguilles (80 et 250 mL/min). Le débit au travers d'un cathéter de 13 G atteint 2400 mL/h sous une pression de 300 mmHg alors qu'il n'est que de 600 mL/h par simple gravité [36]. Le débit dépend aussi de la taille de la cavité médullaire [53]. La seule hauteur de perfusion peut suffire à assurer le débit mais souvent chez l'adulte, il est nécessaire de recourir à une poche de contre pression. Cette injection sous pression est réellement douloureuse et peut faire recourir à l'injection préalable de 20 à 30 mg de lidocaïne à 1%.

f- Ablation

Le DIO ne doit pas être maintenu en place plus de vingt-quatre heures en raison du risque d'ostéomyélite. Il est généralement enlevé dès qu'une voie d'abord veineuse périphérique ou centrale a pu être installée.

Le retrait du DIO est le plus souvent manuel, en dehors de l'EZ-IO® qui nécessite une seringue à embout Lüer-Lock®.

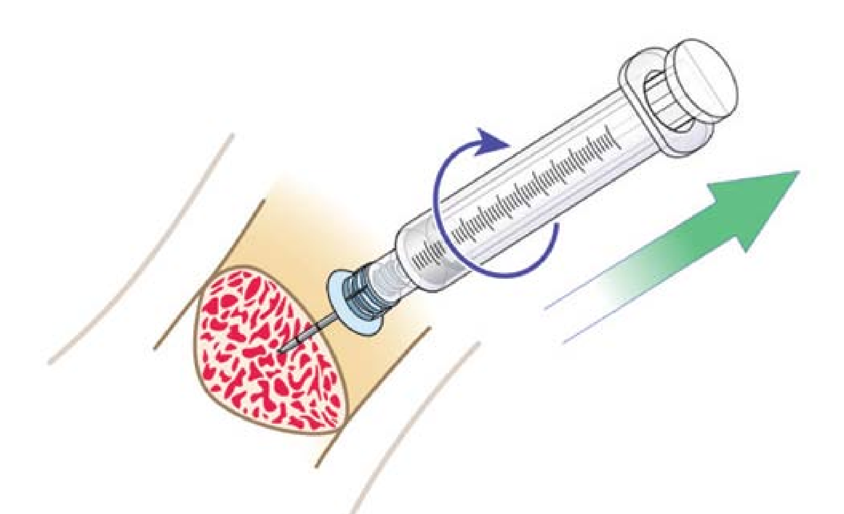


Figure 43 : Ablation de l'aiguille EZ-IO® avec une seringue à embout Lüer-Lock®.

2) Particularités de chaque DIO

L'utilisation du FAST-1® est réservée à des personnels ayant eu une formation préalable avec pose sur des mannequins et n'a que pour population cible les adultes et les adolescents à partir de l'âge de 12 ans.

Pour l'utilisation du FAST-1®, il est nécessaire de mettre en place un patch autocollant avant l'insertion du dispositif. Pour ce faire, il faut décoller la moitié supérieure du film au dos du patch, repérer le creux sus-sternal avec l'index, garder le doigt perpendiculaire à la surface corporelle et apposer le patch sur la poitrine du patient avec l'autre main en veillant à ce que le centre percé du patch se trouve sur la ligne médio-sternale. Une fois le patch fixé, il faut décoller la moitié inférieure au dos du patch, retirer l'opercule au milieu du patch et se placer derrière la tête du patient et insérer le dispositif de manière bien perpendiculaire. Cette méthode a montré un meilleur taux de réussite et un meilleur débit de perfusion. L'introduction doit être effectuée avec une force croissante jusqu'à sentir une perte de résistance. Il faut ensuite retirer l'introducteur dans le même axe que l'insertion, injecter 1 mL d'eau stérile avec une seringue, une douleur peut être ressentie à ce moment pour éliminer les éventuels tissus obstruant le cathéter et brancher la tubulure sur le DIO, via le connecteur. Après avoir apprécié le débit de la perfusion il faut placer le dôme protecteur pour éviter tout arrachement accidentel ou tout risque septique. Le retrait se fait dans le même axe que l'insertion, une compression locale de quelques minutes doit être effectuée et relayée par un pansement compressif. Un cliché radiologique de contrôle peut être effectué après retrait du dispositif pour vérifier l'intégrité du site osseux concerné.

L'utilisation d'une pompe à pression ou d'un pousse-seringue est recommandée car la perfusion par la simple force de la gravité est possible mais souvent insuffisante [85]. Ceci est d'autant plus vrai, que les dérivés sanguins et les colloïdes sont des produits visqueux, nécessitant des débits élevés de perfusion.

XIII. Conclusions

La perfusion intra osseuse est donc possible chez l'enfant comme chez l'adulte, avec des dispositifs manuels ou mécaniques, ces derniers facilitant grandement leur insertion chez l'adulte. L'indication est la nécessité d'une voie d'abord vasculaire dans de brefs délais, soit après deux échecs de pose de voie veineuse périphérique ou après 90 secondes. L'expérience des conflits récents montre que l'extraction des blessés de la zone de combat et la présence d'un médecin peuvent parfois nécessiter plusieurs heures. Il revient alors au brancardier-secouriste ou à l'infirmier d'effectuer le conditionnement primaire de la victime avant évacuation. L'enseignement de la perfusion intra osseuse doit être ainsi largement diffusé, y compris auprès des professions paramédicales, en attendant son inscription dans la liste du décret de compétence de la profession d'infirmier. Dans le contexte des opérations extérieures (OPEX), la perfusion intra osseuse est pratiquée dès le niveau du secouriste de combat de 2ème niveau, après une formation spécifique délivrée par le Centre d'instruction de Santé de l'Armée de Terre (CISAT) depuis janvier 2009.

Dans une étude prospective non randomisée réalisée sur un an au Centre d'Instruction de Techniques Elémentaires de Réanimation de l'Avant (CITERA) de l'Hôpital d'Instruction des Armées de Legouest à Metz, nous avons comparé trois dispositifs selon trois critères. Ainsi parmi 147 personnels médicaux et paramédicaux, la perceuse EZ-IO® a été jugée la plus facile d'utilisation et la plus fiable. Le BIG® a été jugé le plus rapide. Tous les dispositifs ont été mis en place correctement par tous les participants. Les différences constatées ne sont pas significatives statistiquement, du fait d'un échantillonnage trop restreint. Mais il apparaît certain que l'équipement doit être double pour les différents acteurs du secourisme au combat, associant un dispositif manuel peu encombrant et un dispositif automatique plus rapide ou plus fiable.

Le duo idéal pourrait être, dans un souci d'uniformité, la poignée EZ-IO® pour le brancardier-secouriste et la perceuse EZ-IO® G3 Power Driver pour les postes de secours avancés, les véhicules sanitaires, les antennes chirurgicales et les hôpitaux médico-chirurgicaux.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

INDEX DES TABLEAUX

LISTE DES ABREVIATIONS

AHA : American Heart Association

BIG® : Bone Injection Gun

CITERA : Centre d'Instruction des Techniques Elémentaires de Réanimation de l'Avant

CISAT : Centre d'Instruction de Santé de l'Armée de Terre

DIO : Dispositif intra-osseux

ERC : European Ressuscitation Council

FAST® : Fast Access Shock and Trauma

FDA : Food and Drug Administration

ILCOR : International Liaison Commitee On Ressuscitation

IO : Intraosseux

IV : Intraveineux

NRBC : Nucléaire Radiologique Biologique et Chimique

OPEX : Opérations extérieures

PHTLS : Pre-Hospital Trauma Life Support

SAVE®: Sternal Access Vascular Entry

VVC : Voie veineuse centrale

VVP : Voie veineuse périphérique

BIBLIOGRAPHIE

1. Lewis, F.R., Jr., *Prehospital intravenous fluid therapy: physiologic computer modelling.* J Trauma, 1986. **26**(9): p. 804-11.
2. Pons, P.T., et al., *Prehospital venous access in an urban paramedic system--a prospective on-scene analysis.* J Trauma, 1988. **28**(10): p. 1460-3.
3. Macnab, A., et al., *A new system for sternal intraosseous infusion in adults.* Prehosp Emerg Care, 2000. **4**(2): p. 173-7.
4. Slovis, C.M., et al., *Success rates for initiation of intravenous therapy en route by prehospital care providers.* Am J Emerg Med, 1990. **8**(4): p. 305-7.
5. Maguer, D., et al., *[Intraosseous infusion: another emergency vascular access].* Arch Pediatr, 1995. **2**(7): p. 704-5.
6. Couturier C, L.G., Meistelman C., *Les abords veineux percutanés chez le nouveau-né, le nourrisson et l'enfant.* Encycl Méd Chir 1982. Anesthésie-réanimation (36): p. 742-A-10.
7. Cazalaà JB, B.D., Cousin MT, *Les instruments d'anesthésie et de réanimation.* Ed Glyphe, 2005.
8. Duffy, B.J., Jr., *The clinical use of polyethylene tubing for intravenous therapy; a report on 72 cases.* Ann Surg, 1949. **130**(5): p. 929-36.
9. Drinker CK, D.K., *A method for maintaining an artificial circulation through the tibia of the dog, with a demonstration of the vasomotor control of the marrow vessels.* Am J Physiol, 1916. **40**: p. 514-21.
10. Drinker CK, D.K., Lund CC, *The circulation of the mammalian bone marrow.* Am J Physiol., 1922. **62**: p. 1-92.
11. Josefson, *A new method of treatment: intraosseous injections.* Acta Med Scand, 1934. **81**: p. 550-64.
12. Arinkin, *Die intravitale Untersuchungsmethodik des Knochenmarks.* Leipzig: Folia Haemat, 1929: p. 233.
13. Mallarmé, *Le myélogramme normal et pathologique par ponction sternale.* Paris: Doin, 1937.
14. Henning, *Intrasternal injections and transfusions.* JAMA, 1945: p. 128-240.
15. Henning, *Die intrasternale Injektion und Transfusion als Ersatz fûr die intravenösen Methoden.* Deutsch Med Wochenschrift, 1940. **27**: p. 737-9.

16. Henning, *Die Sternalinjektion als Ersatz für die intravenöse Injektion.* Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Innere Medizin, 1940. **319-20**.
17. Tocantins, *Rapid absorption of substances injected into the bone marrow.* Proceedings of the society for experimental biology and medicine. , 1940. **45**: p. 292-6.
18. Tocantins L, O.N.J., *Infusions of blood and other fluids into the general circulation via the bone marrow.* Proceedings of the society for experimental biology and medicine. , 1940. **45**: p. 782-783.
19. Bruttig SP, K.G., *Clinical record of emergency vascular access using adult intraosseous (IO) devices.*, in *Combat casualty care in ground based tactical situations: trauma technology and emergency medical procedures*. 2004: St. Pete Beach. p. 1-14.
20. Papper, *Bone marrow route for injecting fluids and drugs into the general circulation.* Anesthesiology., 1942. **3**: p. 307-13.
21. Junghanns, *Die intrasternale EVIPAN-Narkose.* Chir, 1943. **26**: p. 931-5.
22. Dubick, M.A. and J.B. Holcomb, *A review of intraosseous vascular access: current status and military application.* Mil Med, 2000. **165**(7): p. 552-9.
23. Detroit News, 1944, March the 13th.
24. Turkel, H., *A new and simple instrument for administration of fluids through bone marrow.* War medicine, 1944. **5**: p. 222-5.
25. Tocantins, L.M. and F. O'Neill J, *Complications of Intra-Osseous Therapy.* Ann Surg, 1945. **122**(2): p. 266-77.
26. Goerig M, A.-K., *The bone marrow as a site for the reception of infusions and anesthetic agents.* International Congress series, 2002. **1242**: p. 105-12.
27. Rosetti, V.A., et al., *Intraosseous infusion: an alternative route of pediatric intravascular access.* Ann Emerg Med, 1985. **14**(9): p. 885-8.
28. Orlowski, J.P., et al., *The safety of intraosseous infusions: risks of fat and bone marrow emboli to the lungs.* Ann Emerg Med, 1989. **18**(10): p. 1062-7.
29. Buck, M.L., B.S. Wiggins, and J.M. Sesler, *Intraosseous drug administration in children and adults during cardiopulmonary resuscitation.* Ann Pharmacother, 2007. **41**(10): p. 1679-86.
30. Orlowski, J.P., *My kingdom for an intravenous line.* Am J Dis Child, 1984. **138**(9): p. 803.
31. Dankmeijer, H.F. and M. Wijnans, *[Suitability of a hollow screw for the administration of intra-osseus transfusions in emergencies. Preliminary report].* Ned Tijdschr Geneeskd, 1970. **114**(2): p. 47-51.
32. Valdes, M.M., *Intraosseous fluid administration in emergencies.* Lancet, 1977. **1**(8024): p. 1235-6.

33. Spivey, W.H., et al., *Comparison of intraosseous, central, and peripheral routes of sodium bicarbonate administration during CPR in pigs.* Ann Emerg Med, 1985. **14**(12): p. 1135-40.
34. Rossetti, V., et al., *Difficulty and delay in intravascular access in pediatric arrests.* Annals of Emergency Medicine, 1984. **13**(5): p. 406-406.
35. McNamara, R.M., W.H. Spivey, and C. Sussman, *Pediatric resuscitation without an intravenous line.* Am J Emerg Med, 1986. **4**(1): p. 31-3.
36. Shoor, P.M., R.E. Berryhill, and J.L. Benumof, *Intraosseous infusion: pressure-flow relationship and pharmacokinetics.* J Trauma, 1979. **19**(10): p. 772-4.
37. Cameron, J.L., P.B. Fontanarosa, and A.M. Passalaqua, *A comparative study of peripheral to central circulation delivery times between intraosseous and intravenous injection using a radionuclide technique in normovolemic and hypovolemic canines.* J Emerg Med, 1989. **7**(2): p. 123-7.
38. Orlowski, J.P., et al., *Comparison study of intraosseous, central intravenous, and peripheral intravenous infusions of emergency drugs.* Am J Dis Child, 1990. **144**(1): p. 112-7.
39. Dubick, M.A., et al., *Comparison of intraosseous and intravenous delivery of hypertonic saline/dextran in anesthetized, euvolemic pigs.* Ann Emerg Med, 1992. **21**(5): p. 498-503.
40. Neufeld, J.D., et al., *Comparison of intraosseous, central, and peripheral routes of crystalloid infusion for resuscitation of hemorrhagic shock in a swine model.* J Trauma, 1993. **34**(3): p. 422-8.
41. Kentner, R., et al., *Pharmacokinetics and pharmacodynamics of hydroxyethyl starch in hypovolemic pigs; a comparison of peripheral and intraosseous infusion.* Resuscitation, 1999. **40**(1): p. 37-44.
42. Halvorsen, L., et al., *Evaluation of an intraosseous infusion device for the resuscitation of hypovolemic shock.* J Trauma, 1990. **30**(6): p. 652-8; discussion 658-9.
43. Runyon, D.E., et al., *Resuscitation from hypovolemia in swine with intraosseous infusion of a saturated salt-dextran solution.* J Trauma, 1994. **36**(1): p. 11-9.
44. Chameides L, H.M., *Intraosseous Cannulation*, in *Textbook of Pediatric Advanced Life Support.*, A.A.o.P.A.H. Association, Editor. 1994: Dallas TX. p. 5-6.
45. *Part 6: Paediatric basic and advanced life support.* Resuscitation. **67**(2-3): p. 271-291.
46. Chavez-Negrete, A., et al., *Treatment of hemorrhagic shock with intraosseous or intravenous infusion of hypertonic saline dextran solution.* Eur Surg Res, 1991. **23**(2): p. 123-9.
47. *Highlights of the 2005 American Heart Association Guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care.* Curr Emerg Cardiovasc, 2005. **16**: p. 1-22.
48. Guidelines, A., *Part 7.2 Management of cardiac arrest.* Circulation, 2005. **112**(IV): p. 170-1.

49. *European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2005* Resuscitation, 2005. **67**(S1): p. S108.
50. Nolan, J.P., et al., *European Resuscitation Council guidelines for resuscitation 2005. Section 4. Adult advanced life support.* Resuscitation, 2005. **67 Suppl 1**: p. S39-86.
51. ILCOR, A.a., *2005 American Heart Association (AHA) guidelines for cardiopulmonary resuscitation (CPR) and emergency cardiovascular care (ECC) of pediatric and neonatal patients: pediatric advanced life support.* Pediatrics, 2006. **117**(5): p. e1005-28.
52. Ross MH, R.L., Kaye GI, *Histology: A Text and Atlas*, W. Wilkins, Editor. 1995: Baltimore, MD. p. 150-3.
53. Miccolo, M.A., *Intraosseous infusion.* Crit Care Nurse, 1990. **10**(10): p. 35-47.
54. Claudet, I., et al., *[Intraosseous infusion in children].* Ann Fr Anesth Reanim, 1999. **18**(3): p. 313-8.
55. McCarthy, G., C. O'Donnell, and M. O'Brien, *Successful intraosseous infusion in the critically ill patient does not require a medullary cavity.* Resuscitation, 2003. **56**(2): p. 183-6.
56. Fisher, R. and D. Prosser, *Intraosseous access in infant resuscitation.* Arch Dis Child, 2000. **83**(1): p. 87.
57. Calkins, M.D., et al., *Intraosseous infusion devices: a comparison for potential use in special operations.* J Trauma, 2000. **48**(6): p. 1068-74.
58. Halm, B. and L.G. Yamamoto, *Comparing ease of intraosseous needle placement: Jamshidi versus cook.* Am J Emerg Med, 1998. **16**(4): p. 420-1.
59. *Catalogue des approvisionnements du service courant 2010, document DAPSSA*.
60. *Catalogue des formations sanitaires de campagne 2010, document DAPSSA*.
61. Carley, S. and R. Boyd, *Best evidence topic reports. Screw tipped needles for intraosseous access.* Emerg Med J, 2004. **21**(3): p. 336-7.
62. Seigler, R.S., F.W. Tecklenburg, and R. Shealy, *Prehospital intraosseous infusion by emergency medical services personnel: a prospective study.* Pediatrics, 1989. **84**(1): p. 173-7.
63. Glaeser, P.W., et al., *Five-year experience in prehospital intraosseous infusions in children and adults.* Ann Emerg Med, 1993. **22**(7): p. 1119-24.
64. LaRocco, B.G. and H.E. Wang, *Intraosseous infusion.* Prehosp Emerg Care, 2003. **7**(2): p. 280-5.
65. LaSpada, J., et al., *Extravasation rates and complications of intraosseous needles during gravity and pressure infusion.* Crit Care Med, 1995. **23**(12): p. 2023-8.
66. Waisman, M. and D. Waisman, *Bone marrow infusion in adults.* J Trauma, 1997. **42**(2): p. 288-93.

67. Spriggs, N.M., et al., *Comparison of two intraosseous infusion techniques in an EMT training program.* Acad Emerg Med, 2000. **7**(10): p. 1168.

68. Schwartz, D., et al., *The use of a powered device for intraosseous drug and fluid administration in a national EMS: a 4-year experience.* J Trauma, 2008. **64**(3): p. 650-4; discussion 654-5.

69. Miller, L.J. and C. Morissette, *Vidaport--an advanced easy IO device.* Prehospital Emergency Care, 2004. **8**(1): p. 110-111.

70. Vidacare. *What is EZ-IO*. 2008 [cited 2008 September 1].

71. Kelsall, A.W., *Resuscitation with intraosseous lines in neonatal units.* Arch Dis Child, 1993. **68**(3 Spec No): p. 324-5.

72. Ryder, I.G., H.M. Munro, and I.J. Doull, *Intraosseous infusion for resuscitation.* Arch Dis Child, 1991. **66**(12): p. 1442-3.

73. Awojobi, O.A., *Epidural needle and intraosseous access.* Trop Doct, 2003. **33**(1): p. 59.

74. Oriot, D., et al., *[Intraosseous vascular access, a technic previously underestimated in France].* Arch Pediatr, 1994. **1**(7): p. 684-8.

75. Gras, *Médecin des éléments français au Tchad à Fay Largeau.* Médecine et Armées, 2008. **36**: p. 229-34.

76. Plancade, D., et al., *Sécurité d'utilisation de le voie intra-osseuse chez l'enfant.* Urgences, 2009. **3 juin**.

77. Rüttimann, M., et al., *La perfusion intra-osseuse.* Journées scientifiques européennes du Service médical des sapeurs-pompiers. Evian 2008, 16 mai.

78. Butler, F., D. Greydanus, and H. J., *Combat Evaluation of TCCC techniques and equipment.* USAIR Report 2006-01, 2006. **November 2006**.

79. Jarvis, C., et al., *Lessons learned in operation enduring freedom and operation Iraqi freedom: Uniformed services academy of family physicians presentation*
2007, March 17

80. Plancade, D., et al., *Utilisation pratique du cathéter intra-osseux EZ-IO chez l'enfant comme chez l'adulte en milieu tropical.* XIIIèmes Actualités du Pharo, Marseille, 2007, 6-8 septembre.

81. Fiser, D.H., *Intraosseous infusion.* N Engl J Med, 1990. **322**(22): p. 1579-81.

82. Richard A. Clinchy, I., PhD, EMT-P, *MODEL PROTOCOL FOR THE FAST1™ INTRAOSSEOUS DEVICE*. 2005, Pyng Medical Corp.

83. Kramer, G.C., *Intraosseous resuscitation progress report.* Department of Human Physiology, University of California, 1990, March.

84. Morozov, I.A., N.N. Sak, and E. Pankov, *[Morphological foundation for determining the site and technic of obtaining bone marrow from the sternum].* Arkh Anat Gistol Embriol, 1973. **65**(11): p. 103-8.

85. Iserson, K.V., *Intraosseous infusions in adults.* J Emerg Med, 1989. **7**(6): p. 587-91.

86. Neal, C.J. and D.F. McKinley, *Intraosseous infusion in pediatric patients.* J Am Osteopath Assoc, 1994. **94**(1): p. 63-6.

87. Orlowski, J.P., *Emergency alternatives to intravenous access. Intraosseous, intratracheal, sublingual, and other-site drug administration.* Pediatr Clin North Am, 1994. **41**(6): p. 1183-99.

88. Ong, M.E., et al., *An observational, prospective study comparing tibial and humeral intraosseous access using the EZ-IO.* Am J Emerg Med, 2009. **27**(1): p. 8-15.

89. Mac Kinnon, K.A., *Intraosseous vascular use at signature healthcare Brockton hospital department of emergency services.* J Emerg Nurs, 2009. **35**(5): p. 425-8.

90. santé, R.d.C.C.N.d.E.p.l.s.d.l.v.e.d.l., *Avis sur les expérimentations sur des malades en état végétatif chronique.* 1986, 24 février. **N°7**.

91. Clem, M. and P. Tierney, *Intraosseous infusions via the calcaneus.* Resuscitation, 2004. **62**(1): p. 107-12.

92. Hodge, D., 3rd, *Intraosseous infusions: a review.* Pediatr Emerg Care, 1985. **1**(4): p. 215-8.

93. Kissoon, N., et al., *Intraosseous and central venous blood acid-base relationship during cardiopulmonary resuscitation.* Pediatr Emerg Care, 1997. **13**(4): p. 250-3.

94. Kissoon, N., et al., *Comparison of the acid-base status of blood obtained from intraosseous and central venous sites during steady- and low-flow states.* Crit Care Med, 1993. **21**(11): p. 1765-9.

95. Hurren, J.S., *Can blood taken from intraosseous cannulations be used for blood analysis?* Burns, 2000. **26**(8): p. 727-30.

96. Johnson, L., et al., *Use of intraosseous blood to assess blood chemistries and hemoglobin during cardiopulmonary resuscitation with drug infusions.* Crit Care Med, 1999. **27**(6): p. 1147-52.

97. Ummenhofer, W., et al., *Are laboratory values in bone marrow aspirate predictable for venous blood in paediatric patients?* Resuscitation, 1994. **27**(2): p. 123-8.

98. Brickman, K.R., et al., *Typing and screening of blood from intraosseous access.* Ann Emerg Med, 1992. **21**(4): p. 414-7.

99. Miller, L.J., et al., *A new study of intraosseous blood for CBC and chemistry profile.* Ann Emerg Med, 2009. **54**(3): p. S59-60.

100. Kanter, R.K., et al., *Pediatric emergency intravenous access. Evaluation of a protocol.* Am J Dis Child, 1986. **140**(2): p. 132-4.

101. Resuscitation, T.A.H.A.i.C.w.t.I.L.C.o., *Part 10: Pediatric Advanced Life Support.* Circulation, 2000. **102**(S8): p. 1-291.

102. Surgeons, A.C.o., *ATLS, Advanced Trauma Life Support for Doctors, Student Manual.* , in *ATLS, Advanced Trauma Life Support for Doctors, Student Manual.* , A.C.o. Surgeons, Editor. 1997: Chicago IL. p. 12 ; 97.

103. Langley, D.M. and M. Moran, *Intraosseous needles: they're not just for kids anymore.* J Emerg Nurs, 2008. **34**(4): p. 318-9.

104. Hurren, J.S. and K.W. Dunn, *Intraosseous infusion for burns resuscitation.* Burns, 1995. **21**(4): p. 285-7.

105. Goldstein, B., D. Doody, and S. Briggs, *Emergency intraosseous infusion in severely burned children.* Pediatr Emerg Care, 1990. **6**(3): p. 195-7.

106. Spivey, W.H., *Intraosseous infusions.* J Pediatr, 1987. **111**(5): p. 639-43.

107. Burgert, J.M., *Intraosseous infusion of blood products and epinephrine in an adult patient in hemorrhagic shock.* AANA J, 2009. **77**(5): p. 359-63.

108. Al-alami, A.A., M.M. Zestos, and A.S. Baraka, *Pediatric laryngospasm: prevention and treatment.* Curr Opin Anaesthesiol, 2009. **22**(3): p. 388-95.

109. Vardi, A., et al., *Intraosseous vascular access in the treatment of chemical warfare casualties assessed by advanced simulation: proposed alteration of treatment protocol.* Anesth Analg, 2004. **98**(6): p. 1753-8, table of contents.

110. Lamhaut, L., et al., *Comparison of intravenous and intraosseous access by pre-hospital medical emergency personnel with and without CBRN protective equipment.* Resuscitation, 2010. **81**(1): p. 65-8.

111. Rüttimann, M., et al., *Intérêt de la voie intra-osseuse dans la réanimation initiale des déshydratations aigües graves du nourrisson (Lettre).* Cahiers d'Anesthésiologie, 1997. **45**: p. 475-6.

112. Draaisma, J., G.J. Scheffer, and B.M. Gerritse, *The bone injection gun as rapid method to get circulatory access.* Resuscitation, 2008. **77**(S1): p. S50-1.

113. Truhlar, A., et al., *Efficient prehospital induction of therapeutic hypothermia via intraosseous infusion.* Resuscitation, 2010. **81**(2): p. 262-3.

114. Vojtko, M. and D. Hanfling, *The sternal IO and vascular access-any port in a storm.* Air Med J, 2003. **22**(1): p. 32-4; discussion 34-5.
115. Dubick, M.A. and J.L. Atkins, *Small-volume fluid resuscitation for the far-forward combat environment: current concepts.* J Trauma, 2003. **54**(5 Suppl): p. S43-5.
116. Mac Swain, N. and J. Salome, *Prehospital Trauma Life Support Manual.* 2003.
117. Butler, F.K., Jr., J. Hagmann, and E.G. Butler, *Tactical combat casualty care in special operations.* Mil Med, 1996. **161 Suppl**: p. 3-16.
118. Mac Swain, N. and J. Salome, *Prehospital Trauma Life Support Manual Ed 6.* 2006.
119. Cooper, B.R., et al., *Intra-osseous access (EZ-IO) for resuscitation: UK military combat experience.* J R Army Med Corps, 2007. **153**(4): p. 314-6.
120. Favier, J.C., et al., *[Continuous intraosseous epinephrine infusion in adults: its interest when haemodynamics is poor].* Ann Fr Anesth Reanim, 2007. **26**(10): p. 884-5.
121. Heinild S, S.T., Tudvad F. , *Bone marrow infusion in childhood. Experiences from a thousand infusions. .* J Pediatr 1945(30): p. 400-12.
122. Mader, T.J., et al., *The feasibility of inducing mild therapeutic hypothermia after cardiac resuscitation using iced saline infusion via an intraosseous needle.* Resuscitation, 2010. **81**(1): p. 82-6.
123. Warren, D.W., et al., *Pharmacokinetics from multiple intraosseous and peripheral intravenous site injections in normovolemic and hypovolemic pigs.* Crit Care Med, 1994. **22**(5): p. 838-43.
124. Association, A.H., *Medications for cardiac arrest and symptomatic arrhytmias.* Guidelines, 2000.
125. Miner, W.F., et al., *Prehospital use of intraosseous infusion by paramedics.* Pediatr Emerg Care, 1989. **5**(1): p. 5-7.
126. Nutbeam, T. and A. Fergusson, *Intraosseous access in osteogenesis imperfecta (IO in OI).* Resuscitation, 2009. **80**(12): p. 1442-3.
127. Warren, D.W., et al., *Comparison of fluid infusion rates among peripheral intravenous and humerus, femur, malleolus, and tibial intraosseous sites in normovolemic and hypovolemic piglets.* Ann Emerg Med, 1993. **22**(2): p. 183-6.
128. Frascone, R., et al., *Successful placement of an adult sternal intraosseous line through burned skin.* J Burn Care Rehabil, 2003. **24**(5): p. 306-8.
129. Brickman, K., et al., *Comparison of serum phenobarbital levels after single versus multiple attempts at intraosseous infusion.* Ann Emerg Med, 1989. **18**: p. 4.
130. Davidoff, J., et al., *Clinical evaluation of a novel intraosseous device for adults: prospective, 250-patient, multi-center trial.* JEMS, 2005. **30**(10): p. suppl 20-23.

131. Vidal, R., N. Kissoon, and M. Gayle, *Compartment syndrome following intraosseous infusion.* Pediatrics, 1993. **91**(6): p. 1201-2.

132. Tenebein, M., *Intraosseous infusion and compartment syndome.* Pediatr Emerg Crit Care, 1992. **5**: p. 4.

133. Claudet, I., et al., *Long-term effects on tibial growth after intraosseous infusion: a prospective, radiographic analysis.* Pediatr Emerg Care, 2003. **19**(6): p. 397-401.

134. Rosovsky, M., et al., *Bilateral osteomyelitis due to intraosseous infusion: case report and review of the English-language literature.* Pediatr Radiol, 1994. **24**(1): p. 72-3.

135. Stoll, E., et al., *Osteomyelitis at the injection site of adrenalin through an intraosseous needle in a 3-month-old infant.* Resuscitation, 2002. **53**(3): p. 315-8.

136. ILCOR, *Part 4: Advanced life support.* Resuscitation, 2005. **67**(2-3): p. 213-247.

137. ILCOR, *Part 6: Paediatric basic and advanced life support.* Resuscitation, 2005. **67**(2-3): p. 271-291.

138. Ellemunter, H., et al., *Intraosseous lines in preterm and full term neonates.* Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed, 1999. **80**(1): p. F74-5.

139. Fiser, R.T., et al., *Tibial length following intraosseous infusion: a prospective, radiographic analysis.* Pediatr Emerg Care, 1997. **13**(3): p. 186-8.

140. Brickman, K.R., et al., *Investigation of bone developmental and histopathologic changes from intraosseous infusion.* Ann Emerg Med, 1996. **28**(4): p. 430-5.

141. Fiallos, M., et al., *Fat embolism with the use of intraosseous infusion during cardiopulmonary resuscitation.* Am J Med Sci, 1997. **314**(2): p. 73-9.

142. Simmons, C.M., et al., *Intraosseous extravasation complication reports.* Ann Emerg Med, 1994. **23**(2): p. 363-6.

143. Hasan, M.Y., et al., *Intraosseous infusion and pulmonary fat embolism.* Pediatr Crit Care Med, 2001. **2**(2): p. 133-138.

144. La Fleche, F.R., et al., *Iatrogenic bilateral tibial fractures after intraosseous infusion attempts in a 3-month-old infant.* Ann Emerg Med, 1989. **18**(10): p. 1099-101.

145. Nijssen-Jordan, C., *Emergency department utilization and success rates for intraosseous infusion in pediatric resuscitations.* CJEM, 2000. **2**(1): p. 10-4.

146. Hazinski, *Vascular access*, in *PALS Provider Manual*, A.H. Association, Editor. 2002: Dallas TX. p. 155-172.

147. Ribeiro, J.A., C.T. Price, and D.R. Knapp, Jr., *Compartment syndrome of the lower extremity after intraosseous infusion of fluid. A report of two cases.* J Bone Joint Surg Am, 1993. **75**(3): p. 430-3.

148. Moscati, R. and G.P. Moore, *Compartment syndrome with resultant amputation following intraosseous infusion.* Am J Emerg Med, 1990. **8**(5): p. 470-1.

149. Brickman, K.R., et al., *Analysis of growth plate abnormalities following intraosseous infusion through the proximal tibial epiphysis in pigs.* Ann Emerg Med, 1988. **17**(2): p. 121-3.

150. Jaimovich, D.G., et al., *Comparison of intraosseous and intravenous routes of anticonvulsant administration in a porcine model.* Ann Emerg Med, 1989. **18**(8): p. 842-6.

151. Sheikh, A.A., et al., *Intraosseous resuscitation of hemorrhagic shock in a pediatric animal model using a low sodium hypertonic fluid.* Crit Care Med, 1996. **24**(6): p. 1054-61.

152. Alam, H.B., et al., *Hypertonic saline: intraosseous infusion causes myonecrosis in a dehydrated swine model of uncontrolled hemorrhagic shock.* J Trauma, 2002. **52**(1): p. 18-25.

153. Brunette, D.D. and R. Fischer, *Intravascular access in pediatric cardiac arrest.* Am J Emerg Med, 1988. **6**(6): p. 577-9.

154. Glaeser, P.W., et al., *Pediatric intraosseous infusions: impact on vascular access time.* Am J Emerg Med, 1988. **6**(4): p. 330-2.

155. Ben-Abraham, R., et al., *Intraosseous emergency access by physicians wearing full protective gear.* Acad Emerg Med, 2003. **10**(12): p. 1407-10.

156. Suyama, J., et al., *IO versus IV access while wearing personal protective equipment in a HazMat scenario.* Prehosp Emerg Care, 2007. **11**(4): p. 467-72.

157. Leidel, B.A., et al., *Is the intraosseous access route fast and efficacious compared to conventional central venous catheterization in adult patients under resuscitation in the emergency department? A prospective observational pilot study.* Patient Saf Surg, 2009. **3**(1): p. 24.

158. Ngo, A.S., et al., *Intraosseous vascular access in adults using the EZ-IO in an emergency department.* Int J Emerg Med, 2009. **2**(3): p. 155-60.

159. Paxton, J.H., T.E. Knuth, and H.A. Klausner, *Proximal humerus intraosseous infusion: a preferred emergency venous access.* J Trauma, 2009. **67**(3): p. 606-11.

160. Thompson, B.M., et al., *Intraosseous admnistration of sodium bicarbonate: An effective means of pH normalization in the canine model.* Ann Emerg Med, 1984. **13**(5): p. 692-4.

161. Brickman, K.R., P. Rega, and M. Guinness, *A comparative study of intraosseous versus peripheral intravenous infusion of diazepam and phenobarbital in dogs.* Ann Emerg Med, 1987. **16**(10): p. 1141-4.

162. Goldstein, R., et al., *Pharmacokinetics of ampicillin administered intravenously and intraosseously to kittens.* Res Vet Sci, 1995. **59**(2): p. 186-7.

163. Von Hoff, D.D., et al., *Does intraosseous equal intravenous? A pharmacokinetic study.* Am J Emerg Med, 2008. **26**(1): p. 31-8.
164. Johnson, D., et al., *Device for fast field intraosseous infusion via the adult manubrium.* Ann Emerg Med, 1998. **32**(3): p. Part 2#145.
165. Stevens, K., et al., *Paramedic evaluation of the Pyng F.A.S.T.-1 intraosseous infusion system.* J of investigative med, 2001. **49**(1): p. 34A.
166. Gilman EA, M.J., Wang H, Krell J, *Traditional intraosseous needle vs. spring-loaded device in a pediatric swine model.* Acad Emerg Med, 2002. **9**(5): p. 515.
167. Olsen, D., et al., *Evaluation of the bone injection gun as a method for intraosseous cannula placement for fluid therapy in adult dogs.* Vet Surg, 2002. **31**(6): p. 533-40.
168. Frascone, R.J., et al., *Consecutive field trials using two different intraosseous devices.* Prehosp Emerg Care, 2007. **11**(2): p. 164-71.
169. Brenner, T., et al., *Comparison of two intraosseous infusion systems for adult emergency medical use.* Resuscitation, 2008. **78**(3): p. 314-9.
170. Fowler, R., et al., *1 199 case series: powered intraosseous insertion provides safe and effective vascular access for emergency patients.* Ann Emerg Med, 2008. **52**(4): p. S152.
171. Levitan, R.M., et al., *Use of a battery-operated needle driver for intraosseous access by novice users: skill acquisition with cadavers.* Ann Emerg Med, 2009. **54**(5): p. 692-4.
172. Hartholt, K.A., et al., *Intraosseous devices: a randomized controlled trial comparing three intraosseous devices.* Prehosp Emerg Care, 2010. **14**(1): p. 6-13.
173. Guy, J., K. Haley, and S.J. Zuspan, *Use of intraosseous infusion in the pediatric trauma patient.* J Pediatr Surg, 1993. **28**(2): p. 158-61.
174. Fiorito, B.A., et al., *Intraosseous access in the setting of pediatric critical care transport.* Pediatr Crit Care Med, 2005. **6**(1): p. 50-3.
175. Miller, D.D., et al., *Feasibility of sternal intraosseous access by emergency medical technician students.* Prehosp Emerg Care, 2005. **9**(1): p. 73-8.
176. Johnson, D.L., et al., *Cadaver testing to validate design criteria of an adult intraosseous infusion system.* Mil Med, 2005. **170**(3): p. 251-7.
177. Gillum, L. and J. Kovar, *Powered intraosseous access in the prehospital setting: MCHD EMS puts the EZ-IO to the test.* JEMS, 2005. **30**(10): p. suppl 24-5.
178. Shavit, I., et al., *Comparison of two mechanical intraosseous infusion devices: a pilot, randomized crossover trial.* Resuscitation, 2009. **80**(9): p. 1029-33.

179. Ong, M.E., A.S. Ngo, and R. Wijaya, *An observational, prospective study to determine the ease of vascular access in adults using a novel intraosseous access device.* Ann Acad Med Singapore, 2009. **38**(2): p. 121-4.

180. Plancade, D., et al., *Utilisation d'un dispositif intra osseux EZIO avec et sans perceuse chez l'adulte et chez l'enfant.* IIIème Colloque de médecine des missions extérieures, Marseille, 25 novembre 2009., 2009.

181. Plancade, D., et al., *Evaluation d'un nouveau dispositif de perfusion intra osseuse (EZIO) en opérations extérieures.* Journée des clubs de la SFAR, CARUM, congrès de la SFAR 2007, Paris, septembre 2007. Publié dans Réanoxyo 2008, 2007. **22**: p. 5-6.

182. Tiffany, B.R., et al., *Sternal intraosseous infusion: Flow rates and utility.* Annals of Emergency Medicine, 1999. **34**(4): p. S15.

183. Miller, J., et al., *Intraosseous infusion of crystalloïd fluid immediatly after intraosseous infusion of nitroglycerin in the proximal tibia of a swine (suscrofa) model.* Ann Emerg Med, 2009. **54**(3): p. 318-9.

184. Kramer, G., *Intraosseous delivery of fluids and drugs during cardiac arrest.* Resuscitation Research. The University of Texas Medical Branch, 2005.

185. Hoskins, S., C. Stephens, and G.C. Kramer, *Efficacy of intraosseous drug delivery during cardiopulmonary resuscitation in swine.* Paper presented at the annual meeting of the national of EMS physicians, 2010.

186. Hoskins, S., et al., *Efficacy of epinephrine delivery vie the intraosseous humeral head route during CPR.* Circulation, 2006. **114**(II): p. 1204.

187. Hoskins, S., et al., *Comparison of intraosseous proximal humerus and sternal routes for drug delivery during CPR.* Circulation, 2007. **116**(II): p. 933.

188. Philbeck, T. and L. Miller, *Pain management during intraosseous infusion through the proximal humerus.* Ann Emerg Med, 2009. **54**(3): p. 128.

189. Daga, S.R., D.V. Gosavi, and B. Verma, *Intraosseous access using butterfly needle.* Trop Doct, 1999. **29**(3): p. 142-4.

190. Mathews S, L.F., Saint-Vil D, Ruest P., *Abords vasculaires*, in *Urgences et soins intensifs pédiatriques*, G. Lacroix J, Beaufils F, Editor. 1994, Doin: Paris. p. 21-48.

VU

NANCY, le 19 mai 2010

Le Président de Thèse

Professeur P-E. BOLLAERT

NANCY, le 19 mai 2010

Le Doyen de la Faculté de Médecine

Par délégation

Professeur H. COUDANE

AUTORISE À SOUTENIR ET À IMPRIMER LA THÈSE 3304

NANCY, le 20 mai 2010

LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ DE NANCY 1

Par délégation

Madame C. CAPDEVILLE-ATKISON

Résumé:

Dans une étude prospective non randomisée réalisée sur un an au Centre d'Instruction de Techniques Elémentaires de Réanimation de l'Avant (CITERA) de l'Hôpital d'Instruction des Armées de Legouest à Metz, nous avons comparé trois dispositifs selon trois critères. Ainsi parmi 147 personnels médicaux et paramédicaux, la perceuse EZ-IO® a été jugée la plus facile d'utilisation et la plus fiable. Le BIG® a été jugé le plus rapide. Tous les dispositifs ont été mis en place correctement par tous les participants. Les différences constatées ne sont pas significatives statistiquement, du fait d'un échantillonnage trop restreint. Mais il apparaît certain que l'équipement doit être double pour les différents acteurs du secourisme au combat. Le duo idéal semble être la poignée EZ-IO® pour le brancardier-secouriste et la perceuse EZ-IO® G3 Power Driver pour les postes de secours avancés et les hôpitaux médico-chirurgicaux en place sur les théâtres d'opérations extérieures.

Titre: Potential use of intraosseous devices in adult vascular access.

Abstract:

In a prospective non-randomized study, three intraosseous devices were compared, the Mallarmé needle, the BIG® and the EZ-IO® Power Driver. 147 physicians and non physicians had an instruction about the different devices in the « Centre d'Instruction des Techniques Elémentaires de l'Avant » in Metz, France. They had to choose one of them about the ease of use, the insertion time and the efficiency of the device. The results showed that the EZ-IO® Power Driver is the easiest and the most efficient, and the BIG® is the fastest. Differences are not statistically significant, because of the small population. In military use, the EZ-IO® Manual Driver seems to be the best choice for the Medics and the EZ-IO® G3 Power Driver should be used in hospital.

Mots-Clés: perfusion intra-osseuse; Mallarmé; BIG®; EZ-IO®; adulte; blessé de guerre, NRBC, médecine d'urgence, médecine militaire

Keywords: intraosseous infusion, adult, vascular access, resuscitation, intraosseous device, casualties

Discipline: Médecine générale – Année 2010

Unité de rattachement:

CITERA

HIA Legouest

27 Avenue de Plantières BP 90 001

57 077 Metz cedex 03

U.F.R :

Faculté de Médecine de Nancy

9, avenue de la Forêt de la Haye

54 505 Vandoeuvre les Nancy Cedex